Fixação da intensidade nominal de uma saída

Conhece-se em função da secção dos cabos:

1.º) A intensidade máxima admissível (fig. 3, curva A)

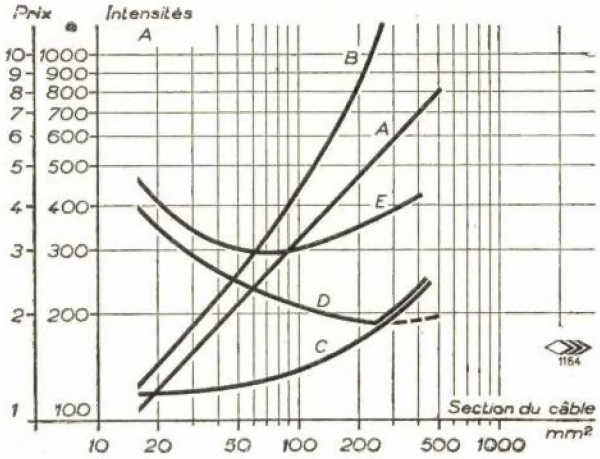


Fig. 3

2.º) O preço (fig. 3, curva B)
Dois casos há a considerar:

—O cabo é curto e a queda de tensão não intervém ou só intervém em pequena medida; a sua secção será determinada por um aumento de temperatura normal;

—O cabo é longo e a sua secção determina-se pela queda de tensão máxima admissível.

No primeiro caso, o preço por ampère transportado é dado pela curva C da fig. 3.

No segundo caso, é representado pela curva D.

A curva C mostra-nos que o preço de um cabo, por ampère transportado, aumenta quando a sua secção aumenta; deve no entanto notar-se que o cabo nem sempre pode ser integralmente aproveitado para as pequenas secções em virtude das quedas de tensão.

A curva D mostra-nos em contra-partida, que o preço por ampère transportado diminui quando a secção aumenta a densidade de corrente e portanto a queda de tensão sendo constantes, mas nesse caso a utilização do cabo é má para as pequenas secções.

Podemos formar uma opinião razoàvelmente correcta a respeito da «melhor qualidade ao melhor preço» efectuando o produto das curvas D e C. Obtemos assim a curva E que passa por um mínimo para uma secção da ordem dos 75 mm² e uma intensidade máxima admissível de aproximadamente 250 A.

Para diminuir o preço da aparelhagem, há interesse em conservar-se ligeiramente acima destes valores e em utilizar cabos de aproximadamente 120 mm² que suportarão normalmente 250 A mas que eventualmente poderão suportar 320 A.

Admitimos pois como intensidade nominal da aparelhagem das saídas de baixa tensão, 320 A; as intensidades nominais dos disjuntores ou dos fusíveis podem, bem entendido, ser fixadas num valor inferior ou quando muito igual a 520 A.

A fig. 4 mostra um quadro blindado de distribuição a respeito do qual voltaremos a falar, cujas saídas são estabelecidas de acordo com o que atrás se disse.

Poder-se-á fazer ao raciocínio anterior a objecção de que a intensidade varia ao longo de um cabo de distribuição, dado que os consumidores no caso de uma cidade, ou as máquinas no caso de uma fábrica, estão ligados ao longo deste cabo. A esta objecção responderemos que justamente para a ter em conta, escolhemos à saída das linhas uma secção de cabo 50 % superior à que corresponde ao preço de custo teórico mínimo e que, à medida que a intensidade e a secção diminuem, vamos caminhar da direita para a esquerda na curva E da fig. 3 conservando-nos assim na zona mais económica.

Fixação da potência unitária dos postos de transformação

Depois de ter fixado a intensidade nominal de uma saída, é necessário estabelecer se cada posto de transformação deve ser

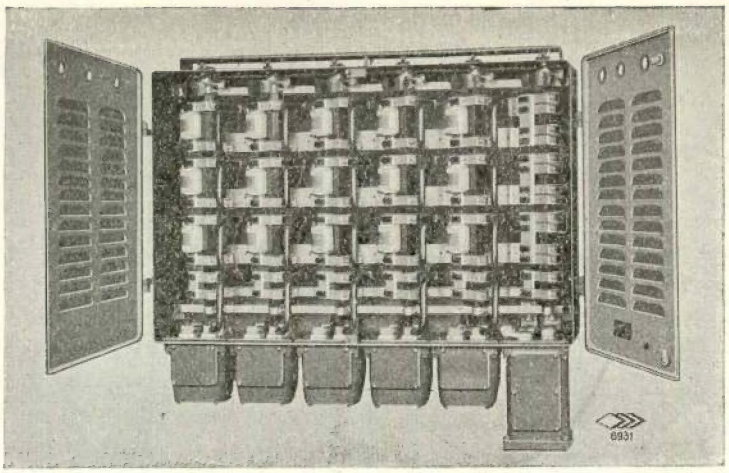


Fig. 4

previsto para alimentar 1, 2, 3 ou um número *n* de saídas, ou por outras palavras, fixar a potência unitária destes postos.

Temos sempre em mente o esquema da fig. 2 sem no entanto tomarmos em consideração os disjuntores colocados sobre as saídas do barramento de alta tensão que consideraremos sempre os mesmos.

Os casos a considerar são:

—A tensão secundária que faremos primeiramente igual a 220 V e em seguida a 380 V;
—A densidade de potência.

Efectuando os cálculos nos diferentes casos chegamos aos resultados sintetizados na fig. 5 que dá os preços referidos ao kVA instalado.

Constatamos então que, quando a densidade de potência varia entre limites consideráveis, a potência unitária dos postos pouco varia e ainda haverá que ter em conta que nos colocámos em condições assaz desfavoráveis, visto que a distribuição em cabo armado é incontestàvelmente a mais cara.

Se nos afastarmos da potência unitária mais económica tomando por exemplo, transformadores de 1.000 kVA, o custo total da instalação aumenta e isto pelas razões seguintes:

—O preço da aparelhagem de alta tensão pouco diminui;
—O preço dos transformadores aumenta ligeiramente pois a sua construção se realizou em séries menos importantes e torna-se mais difícil realizar os enrolamentos secundários para intensidades mais elevadas;
—O preço da aparelhagem de baixa tensão aumenta em virtude da importância das correntes de curto-circuito e também por motivos relacionados com a construção em série;
—O preço dos cabos aumenta consideràvelmente.

Se nos afastarmos da potência unitária mais económica, tomando agora, transformadores de 100 kVA, o custo total da instalação vai aumentar ràpidamente porque:

—O preço da aparelhagem de alta tensão aumenta;
—O preço dos transformadores aumenta;
—O preço da aparelhagem de baixa tensão mantém-se sensìvelmente constante;
—O preço dos cabos diminui mas tendo também diminuído a percentagem deste preço em relação ao custo total da instalação, a diminuição do preço dos cabos tem uma influência atenuada sobre o conjunto.

Para uma distribuição por linhas aéreas ou cabos não armados, as curvas da fig. 5 transformam-se nas da fig. 6; vê-se então

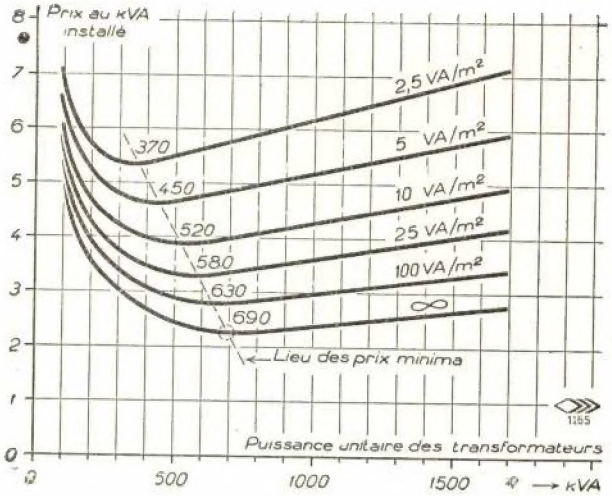


Fig. 5

que a potência mais económica é quase que independente da densidade de potência.

Eis-nos pois chegados a uma conclusão que parece facilitar em grande medida a normalização; uma certa precipitação levar-nos-ia mesmo a afirmar que os postos devem ser sempre os mesmos, variando ùnicamente o seu espaçamento na razão inversa da densidade de potência.

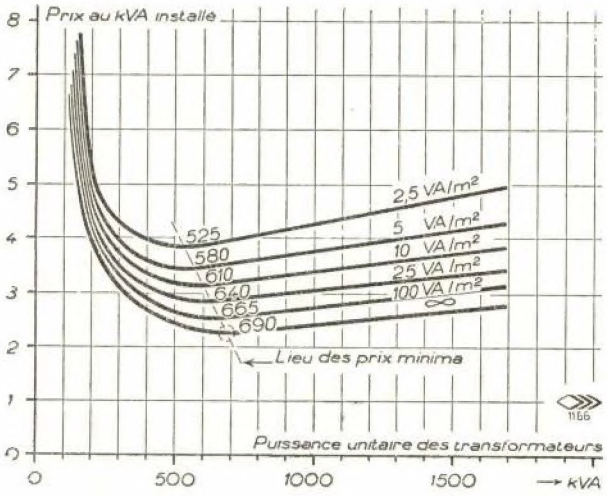


Fig. 6

Infelizmente nem só as questões de preço intervêm e, para pequenas densidades de potência, a adopção desta conclusão simplista, levar-nos-ia a comprimentos de linha em baixa tensão incompatíveis com as quedas de tensão admissíveis; somos pois obrigados a reduzir a potência de cada posto e a adoptar como valores máximos os que a curva A, da fig. 7 nos fornece.

Por outro lado há vantagem em fixar uma potência unitária um pouco inferior à que corresponde ao mínimo teórico, para aumentar a flexibilidade das instalações torna-se simplesmente necessário reter que existe uma zona mais económica e que o afastamento desta zona acarreta uma oneração bastante sensível em particular se utilizarmos transformadores de potência excessivamente pequena.

Podemos resumir estes resultados dizendo que no caso de uma distribuição a 220 V é necessário utilizar:

—Para redes fracamente carregadas, transformadores de 200 a 250 kVA;
—Para redes urbanas, transformadores de 315 ou 400 kVA;
—Para fábricas importantes, transformadores de 500 ou 630 kVA.

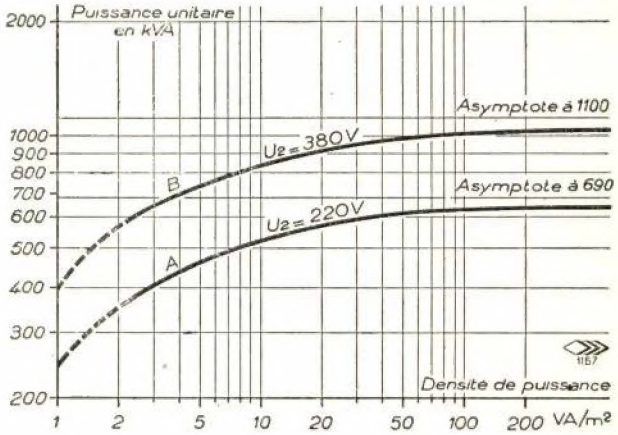


Fig. 7

Notemos que sob o ponto de vista de economia geral, torna-se ruinosa a alimentação de pequenas fábricas absorvendo 50 kVA a partir da alta tensão. Certamente que estas instalações podem ter interesse para o consumidor, em virtude das diferenças de tarifa, mas não podemos aqui ter em conta esta ordem de razões.

Finalmente quando se trata de potências elevadas, com um número de horas de utilização elevado (fornos, laminadores) pode tornar-se mais económico, apesar do custo

de primeira instalação mais elevado, utilizar transformadores de potência mais elevada para diminuir as perdas. Os curto-circuitos são então mais violentos e a aparelhagem deve ser prevista em consequência.

Não desejamos no entanto, neste estudo, transcender os casos clássicos de utilização.

Influência das tensões

Todos os cálculos anteriores foram realizados supondo que a tensão primária era de 15.000 V. No caso dessa tensão ser inferior ao valor admitido, o ganho na aparelhagem é, como dissemos, de pequena importância.

Pelo contrário a tensão secundária tem uma influência notável. Julgamos inútil apresentar todas as curvas de preços para o caso da tensão de 380 V; apresentamos sòmente a que fornece a potência máxima a fixar em função da densidade de potência (fig. 7, curva B).

Prosseguindo os cálculos para tensões até 5.000 V (caso de fábricas possuindo motores de alta tensão) chegamos a uma potência mais económica de aproximadamente 4.000 kVA.

Constata-se que a potência mais económica aumenta menos ràpidamente do que a tensão, sensìvelmente como a potência de expoente 0,8, e que a forma da curva dos preços em função da potência unitária dos transformadores se modifica; a inclinação da parte situada do lado dentro nas curvas 5 ou 6 é tanto menor quanto mais elevada for a tensão. A partir dos 1.000 V aproximadamente, quando a potência aumenta continua a verificar-se um decréscimo no preço do kVA instalado. Consideramos então que a potência mais económica é a que corresponde a uma diminuição inferior a 10 % ao preço do kVA quando a potência unitária duplica.

Esquemas de distribuição

Já dissemos que os nossos cálculos foram efectuados na hipótese do esquema mais simples: o esquema radial. Se é certo que este esquema satisfaz em muitos casos, em particular quando se trata de alimentar uma única fábrica, não é já de admitir na distribuição em alta tensão das grandes cidades; é necessário evitar que uma avaria sobre um cabo tenha como consequência, a interrupção da alimentação dos consumidores ligados sobre esse cabo, até à sua reparação.

Os esquemas que obviam a este inconveniente podem resumir-se em três:

1 — Esquema radial duplo do lado da alta tensão, radial simples do lado da baixa.
2 — Esquema em anel do lado da alta tensão, radial simples do lado da baixa.
3 — Esquema radial múltipo do lado da alta tensão, em malha do lado da baixa.

Passamos a descrever brevemente estes três esquemas e indicaremos em seguida para cada caso o aumento do preço de primeira instalação.

Esquema radial duplo do lado da alta, radial simples do lado da baixa (fig. 8)

Existem dois cabos de alta tensão instalados. À saída dos cabos e à chegada a cada posto encontram-se montados inversores permitindo passar de um a outro dos cabos; normalmente portanto só um dos cabos está em serviço, o que permite efectuar reparações ou quaisquer ligações sobre o outro cabo sem interromper o serviço a não ser durante a manobra dos inversores.

Esquema em anel do lado da alta, radial do lado da baixa (fig. 9)

É o esquema verdadeiramente clássico de distribuição nas grandes cidades e nas fábricas importantes. Do posto de alta tensão partem pelo menos duas linhas, cada uma protegida por um disjuntor e unidas nas suas extremidades. Cada linha alimenta um certo número de postos. À entrada e à saída de cada posto existe um seccionador; deve por outro lado dispor-se um aparelho de

interrupção na saída para o transformador do posto.

Todos os seccionadores se encontram normalmente fechados com excepção dos seccionadores de saída dos postos extremos. Se sobrevém uma avaria no cabo de alta tensão, o disjuntor colocado à saída do posto de alta tensão dispara, isolando assim metade do anel; depois de localizar a avaria isola-se o troço atingido por meio dos seccionadores colocados em cada extremidade deste troço.

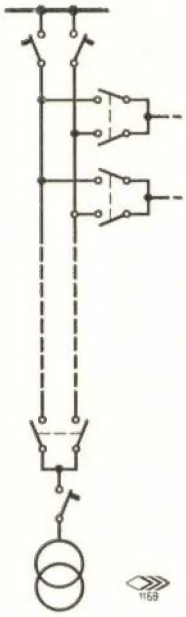


Fig. 8

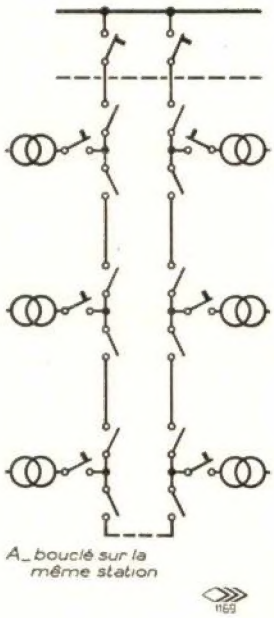


Fig. 9

A realimentação dos postos isolados efectua-se fechando os seccionadores de saída dos postos extremos.

Verifica-se uma interrupção no serviço, mas a duração desta interrupção pode tornar-se relativamente curta. O esquema de um posto apresenta-se então como segue: uma linha de travessia (de intensidade nominal geralmente compreendida entre 200 e 500 A) em cujas extremidades estão montados dois seccionadores e ao meio da qual está ligada à saída para o transformador com disjuntor ou seccionador. No total temos três aparelhos de interrupção sobre a alta tensão.

Esquema radial múltiplo do lado da alta, em malhas do lado da baixa (fig. 10)

De um posto de distribuição de alta partem vários cabos, por exemplo 4, cada qual protegido pelo seu disjuntor. O posto do consumidor (posto de distribuição de baixa) pode ligar-se por intermédio de um seccionador-inversor sobre qualquer destes cabos, numerados de 1 a 4. As coisas dispõem-se de modo tal que os cabos se encontram igualmente carregados desde que se liguem os postos nas seguintes posições 1 — 2, 1 — 3, 1 — 4, 2 — 3, 2 — 4, 3 — 4.

O transformador de distribuição em baixa está directamente ligado ao inversor de alta tensão, sem interposição de aparelhagem de protecção. Do lado da baixa e imediatamente depois do transformador, está colocado um disjuntor com relés de falta de energia.

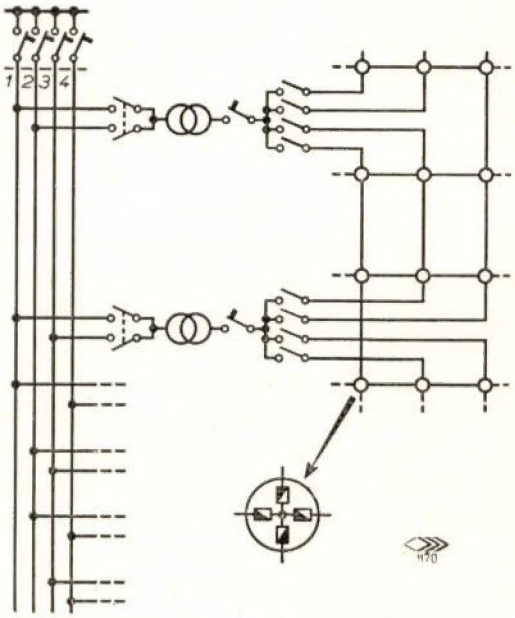


Fig. 10

Eis o funcionamento em caso de avaria.

a) Caso de uma avaria sobre a alta tensão:

Suponhamos que se produz uma avaria sobre um cabo de alimentação ou sobre um transformador: o disjuntor correspondente ao posto de alta tensão dispara: a avaria

passa então a ser realimentada pelo lado da baixa tensão de todos os postos ligados ao cabo avariado: os disjuntores de baixa tensão de todos estes postos disparam então comandados pelos relés de falta de energia, os transformadores respectivos são assim isolados.

A rede de baixa tensão continua no entanto a ser alimentada pelos postos ligados sobre os outros cabos: não há pois interrupção de serviço.

O posto de distribuição em alta é avisado quando da avaria pelo disparo de um dos disjuntores: é necessário nessa altura comutar todos os inversores ligados sobre o cabo avariado e religar os disjuntores de baixa tensão para evitar que os transformadores que se conservam em serviço funcionem durante muito tempo em regime de sobrecarga (esta sobrecarga é, no caso de 4 cabos de alta tensão quando muito de 30 % se os inversores se encontram nas posições correctas); ùnicamente os cabos devem ser previstos para suportar uma carga permanente ocasionada por uma avaria num deles.

b) Caso de uma avaria do lado da baixa tensão.

Em cada nó das malhas de baixa tensão encontram-se caixas de derivação contendo um jogo de fusíveis para cada direcção. Os fusíveis colocados de um e outro lado do troço avariado devem funcionar isolando sòmente este troço do resto da malha.

Como as saídas do posto estão frequentemente protegidas por meio de fusíveis e existem ainda outros fusíveis em cada caixa geral de um edifício, o problema da selectividade é assás complexo. Parece no entanto ter-se resolvido este problema de um modo satisfatório (veja-se o Boletim da S F. E., de Junho de 1947).

Comparação económica destes esquemas

Se para cada um destes esquemas traçarmos feixes de curvas análogas às das figs. 5 e 6, constatamos que o lugar geométrico das potências mais económicas se desviou para a direita, quere dizer somos conduzidos a potências mais elevadas. Pelas razões anteriormente expostas e para comparar postos da mesma potência, admitiremos que em todos os casos a potência unitária fixada é a que é dada por uma das curvas da fig. 7.

Os resultados encontram-se sintetizados na fig. 11. Vê-se que, para uma cidade de densidade de potência elevada, tal como Paris, o esquema radial múltiplo — em malhas que apresenta maiores vantagens tem um custo de primeira instalação da mesma ordem do que os outros esquemas.

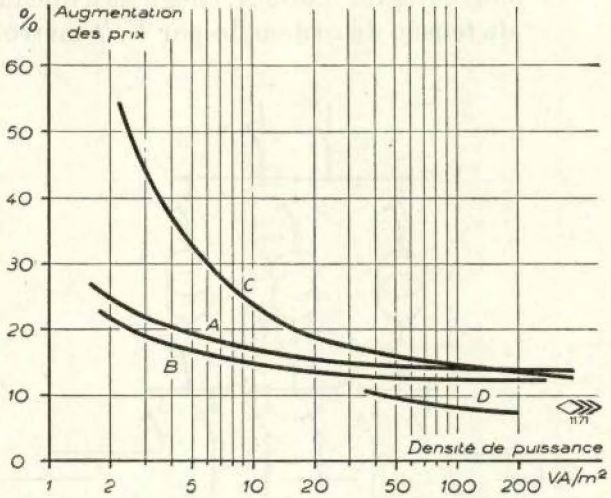


Fig. 11

Caso particular da distribuição em fábricas

Os esquemas descritos até aqui correspondem ao caso das redes de distribuição em consumidores de baixa tensão. Todas as fábricas de média e grande potência são directamente alimentadas pela rede geral a alta tensão. No caso em que o valor da potência é suficiente para justificar a utilização de vários transformadores, o esquema clássico é o da fig. 12.

Quais são as razões que levam a adoptar este esquema? Essas razões são uma boa repartição de carga entre os transformadores e a facilidade de contrôle e conservação que resulta da concentração da aparelhagem e transformadores no mesmo local.

Mas, por outro lado, este esquema tem graves inconvenientes; tanto mais graves

quanto maior for a potência total do posto. Inumeremos estes inconvenientes:

—O custo é da ordem dos 30 % mais elevado do que no caso dos transformadores se encontrarem judiciosamente distribuídos na zona fabril; este aumento de preço é devido em grande parte ao preço dos cabos;

—As quedas de tensão nos cabos são importantes em virtude destes serem longos e porque a reactância dos barramentos e dos cabos só diminui ligeiramente quando a secção aumenta (para correntes de 5.000 A, chega-se a quedas de tensão da ordem do por *Volt* metro).

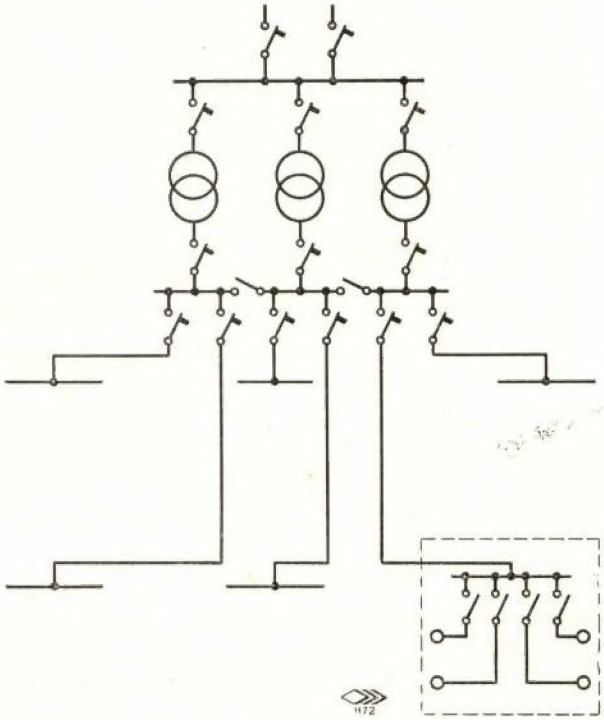


Fig. 12

—Um acidente num ponto do posto coloca em ritmo de paralisação toda a fábrica;

—As correntes de curto-circuito sobre a baixa tensão são muito elevadas e exigem precauções apreciáveis. Ora, os disjuntores que interrompem correntes da ordem das dezenas de milhar de ampères não são económicos; os esforços sobre os contactos e veios de transmissão atingem algumas toneladas e a fraca procura destes aparelhos não permitem a construção em grande série. A fig. 13 mostra com que robustez deve ser previsto um disjuntor interrompendo normalmente 40 000 A eficazes (notar particularmente o veio porta-contactos e os apoios);

—Finalmente, uma instalação concentrada difìcilmente se presta a uma ampliação enquanto que esta é extremamente fácil no caso de postos descentralizados. É mesmo possível deslocá-los ou substituir um por outro mais potente, facilidades que adiante analisaremos, quando tratarmos da construção pròpriamente dita destes postos.

Voltemos agora aos esquemas. Mostrámos que, para densidades de potência elevadas, o esquema radial múltiplo em malhas é o mais interessante. No caso de uma fábrica este esquema pode simplificar-se de duas maneiras:

a) limitando os cabos de alta tensão a dois, pois o número de fontes de alimentação raramente é mais elevado;

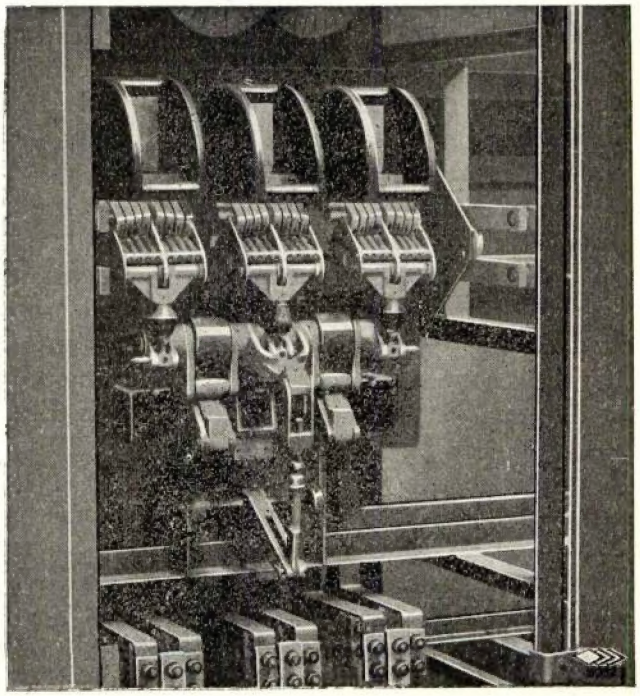


Fig. 13

b) substituindo as malhas de baixa tensão por anéis. Chega-se assim a um esquema radial duplo do lado da alta tensão, em anéis múltiplos do lado da baixa, esquema que merece uns instantes de atenção (fig. 14).

Supondo que existem dois cabos concorrendo à alimentação, colocaremos um disjuntor sobre cada cabo à entrada da fábrica. Os cabos dividir-se-ão em seguida para alimentar cada um dos postos de tranformação

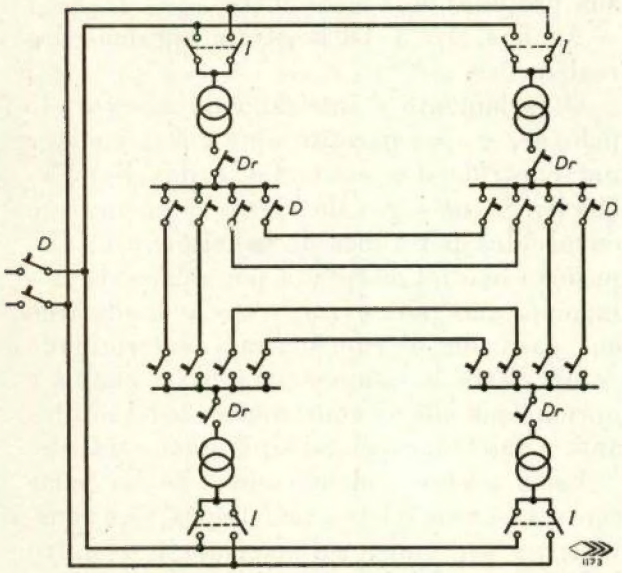


Fig. 14

Em cada posto um inversor do lado da alta tensão, o transformador, depois um disjuntor geral de baixa tensão, alimentam um jogo de barras do qual partem as saídas protegidas por disjuntores. Estas saídas estão, total ou parcialmente reunidas às saídas dos postos vizinhos.

As derivações estão normalmente ligadas sobre os cabos que formam os anéis.

Se os cabos estão previstos para uma intensidade máxima de 320 A, não se deve ultrapassar os 200 A em funcionamento normal, visto que se um dos postos vem a falhar, a intensidade pode duplicar (podemos utilizar o cabo mais económico, curva C, fig. 3, visto que as quedas de tensão não constituem qualquer inconveniente neste funcionamento excepcional). Somos assim conduzidos a postos de 8 saídas com transformadores de 500 ou 630 kVA para 220 V.

Em caso de avaria, o funcionamento dos disjuntores é o mesmo que no caso da rede radial múltipla — em malhas.

Cada cabo de alta tensão deve ser previsto para uma sobrecarga de 100 %; cada transformador para uma sobrecarga de 50 %, se admitirmos que o posto em falha é ùnicamente alimentado pelos dois postos que lhe são adjacentes.

Este esquema tem a vantagem de equilibrar as cargas sobre os transformadores e de eliminar o motivo fundamental de condenação da distribuição dos postos numa fábrica, quando o esquema de baixa tensão é simplesmente radial. Quanto ao preço, basta reportar-se à curva D da fig. 11 para compreender as vantagens de uma tal realização.

Nota — Na maioria dos casos não se poderá utilizar um esquema absolutamente equilibrado como o da fig. 14, pois numa fábrica, a repartição das cargas em superfície é frequentemente muito irregular. Certos postos podem estar ùnicamente ligados com um único posto e não com dois como se representa no esquema. Para cada caso, é necessário fazer o estudo económico; importa essencialmente reter que este esquema, pouco corrente em França mas clássico na América, apresenta um interesse real.

Deste estudo pode já concluir-se que na fixação da potência unitária dos transformadores, aparece uma zona económica variando pouco com a densidade de potência, que o preço de custo do kVA instalado aumenta ligeiramente quando se fixa uma potência excessivamente elevada, crescendo ràpidamente se a potência é excessivamente baixa.

Finalmente pode aumentar-se consideràvelmente a segurança de serviço das redes multiplicando as possibilidades de alimentação, quer do lado da alta, quer do lado da baixa, quer de ambos os lados simultâneamente, as combinações conduzindo aos melhores resultados e mais económicas dependendo da densidade de potência e do tipo de utilização.

Realização dos postos de transformação

Concepção dos postos

Sob o ponto de vista de realizações a primeira parte deste estudo leva-nos a adoptar:

—transformadores cuja potência está em geral situada entre 220 e 630 kVA para 220 V; 315 e 1.000 kVA para 380 V;
—aparelhagem de alta tensão compreendendo um aparelho de interrupção ou dois de seccionamento ou ainda estes três aparelhos simultâneamente;
—aparelhagem de baixa tensão compreendendo duas saidas de 320 A e um disjuntor geral calibrado de acordo com a potência do transformador; sendo a intensidade nominal máxima de 2 000 A.

Vê-se que não é possível realizar econòmicamente postos «monobloco» em virtude da diversidade dos esquemas possíveis, do peso que corresponderia a essas unidades e do espaço por elas ocupado.

Não se deve de resto esquecer que muitos postos estão instalados em locais de acesso difícil, como é o caso dos postos subterrâneos ou situados em caves, o material deve então poder atravessar passagens estreitas e ser conduzido através de escadas. Esta observação não põe de parte o emprego destes postos em certos casos particulares, mais uma vez fazemos no entanto notar que este estudo tem por objectivo procurar a solução mais económica nos casos em que a densidade de potência é relativamente importante e não toma por consequência em consideração as distribuições nos pequenos aglomerados e com maioria de razão o caso das distribuições rurais.

Fomos então conduzidos ao estudo de celas de alta e de baixa tensão satisfazendo a determinadas características: celas de protecção, celas de seccionamento, celas de contagem no que se refere à alta tensão, celas de protecção geral, celas de saidas, celas de condensadores, etc., no que se refere à baixa tensão; estas celas são construídas de modo a poderem agrupar-se fàcilmente permitindo assim a constituição de conjuntos com esquemas diversos.

A estas celas, cada qual com a sua função própria deu-se o nome de «Normablocs».

Os «normablocs»

Só a construção metálica permite satisfazer as condições de maneabilidade, de solidez e protecção do pessoal, que podem ser exigidas. Cada cela é constituída por uma estrutura em ferros perfilados ligados por soldadura; todas as faces são cobertas, por painéis amovíveis ou portas. A altura das celas está normalizada em 2 metros a sua profundidade em 1 metro.

As figs. 15 a 18 mostram algumas das realizações.

O isolamento é inteiramente assegurado pelo ar, o que permite uma conservação e um contrôle dos contactos e das ligações fáceis. Só os jogos de barras se encontram envolvidos por tubos de bakelite: esta disposição não foi adoptada por razões de isolamento mas para evitar translações de arco em caso de disrupção num determinado ponto. Esta montagem dos barramentos é normal nas nossas construções de há muitos anos e não tem originado qualquer acidente.

Estes postos podem colocar-se na parte central de uma oficina sem disposições construtivas especiais, satisfazendo por outro lado as prescrições actualmente em vigor no que respeita a segurança. É de aconselhar a colocação de uma protecção metálica de um metro de altura, colocada na face anterior do posto, de modo a proteger a chapa contra choques acidentais, devidos por exemplo, aos carros de trasporte. Estes postos podem também colocar-se junto às paredes; não sendo indispensável o acesso à parte posterior das células para montar e desmontar quaisquer aparelhos ou caixas de fim de cabo.

Os «Normablocs» apresentam as seguintes vantagens de carácter geral:

—dispensam quaisquer obras de fundação ou edifícios próprios;
—garantem a segurança total dos operários quando se montam em oficinas;
—são de visita fácil;
—permitem uma desmontagem e remon-

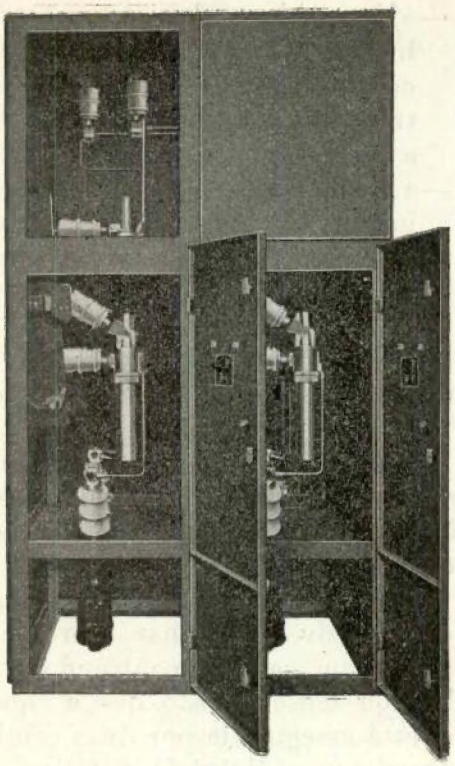


Fig. 15

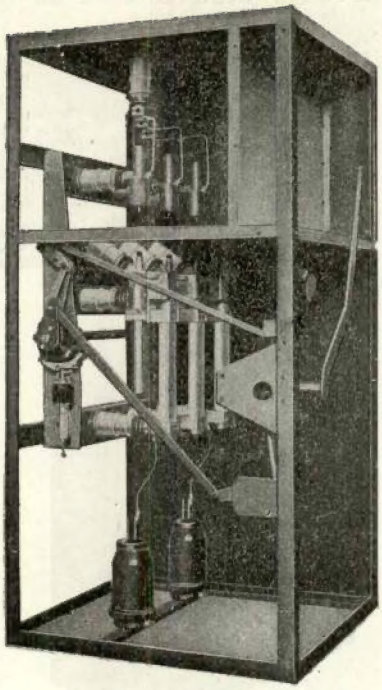


Fig. 16

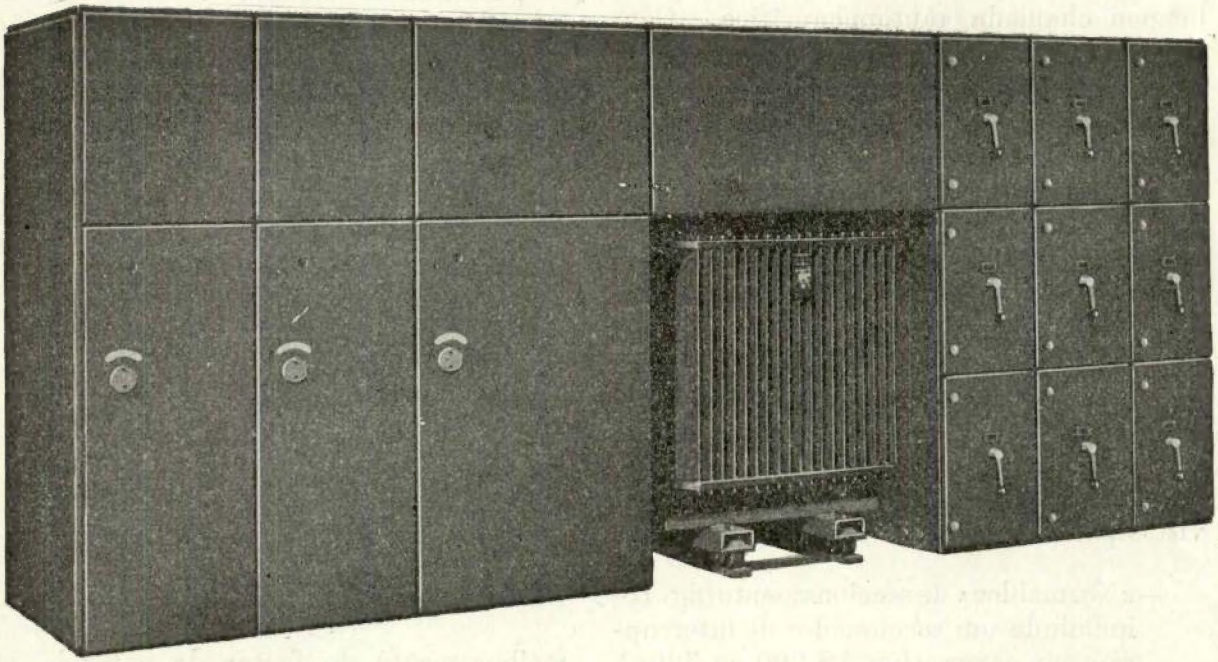


Fig. 17

tagem fáceis no caso em que o posto deve ser deslocado ou modificado.

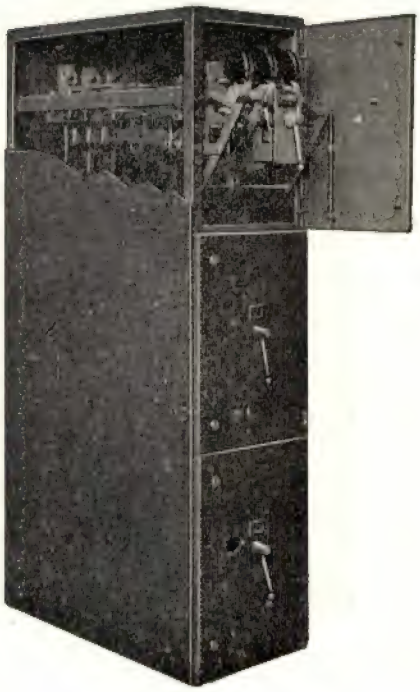


Fig. 18

«Normablocs» de alta tensão

Considerámos que a aparelhagem que melhor se adapta a estes tipos é a aparelhagem chamada «autopneumática». Com efeito esta aparelhagem pode interromper a corrente normal ou uma pequena sobrecarga e a protecção eficaz contra os curto-circuitos realiza-se combinando-a com corta-circuitos de grande poder de corte.

É assim possível realizar postos onde não existe óleo, assegurando-se o isolamento do transformador por meio do emprego de um dieléctrico. Realizam-se assim conjuntos que não exigem quaisquer precauções especiais de instalação tais como fundações, paredes divisórias e fossas de evacuação de óleo.

Normalizámos 3 celas de alta tensão previstas para 15 kV:

— «Normabloc» de seccionamento (fig. 15) incluindo um seccionador de interrupção em carga, tipo AS 200 ou 320 A ou de interrupção em vasio, tipo SCM 500 A;

— «Normabloc» de protecção (fig. 16) incluindo um rupto-fusível tipo AS-FP com possibilidade de incluir nesta cela transformadores de corrente, de tensão e aparelhos de controle das saídas;

— «Normabloc» de contagem (fig. 19) incluindo transformadores de corrente e de tensão, encontrando-se estes últimos protegidos por seccionadores fusíveis.

Nestes dois últimos tipos, prevê-se um compartimento superior no qual se colocam os aparelhos de medida.

Em todos os «normabloc» existem ceptos isolantes permitindo trabalhar sobre uma saída ou chegada quando o barramento se encontra sob tensão.

Em particular, no caso do esquema em anel é possível trabalhar sobre a extremidade de um cabo, encontrando-se o outro cabo sob tensão, visto que a ligação em anel está assegurada por duas células separadas por uma divisória metálica.

«Normablocs» de baixa tensão

Os tipos são em maior número do que no caso da alta tensão visto que a gama das intensidades a encarar é muito extensa (efectivamente vai de 320 a 2.000 A) e ainda porque as funções a desempenhar são muito diversas; protecção, contagem, controle,

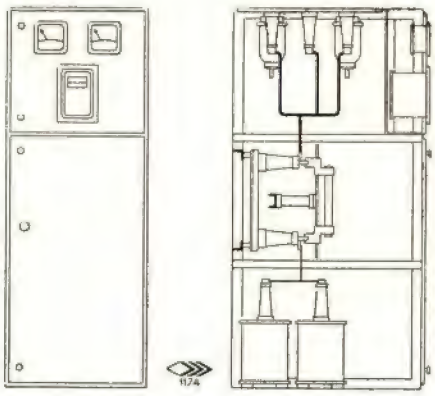


Fig. 19

melhoramento do factor de potência por baterias de condensadores, podendo a função de protecção ter de ser realizada de

diferentes modos: por disjuntor de comando à mão, por disjuntor de comando eléctrico (seja para permitir o comando a distância seja para garantir um engate sobre curto-circuito) e finalmente por fusíveis.

Examinaremos sumàriamente cada um dos tipos existentes.

«Normablocs» de baixa tensão com protecção por disjuntor

Torna-se indispensável poder isolar completamente o disjuntor para cuidados de conservação: este isolamento é geralmente obtido por meio de um seccionador. Para reduzir o espaço ocupado, realizámos um «disjuntor-seccionador» no qual o conjunto disjuntor é móvel sendo as ligações correntes substituídas por fichas.

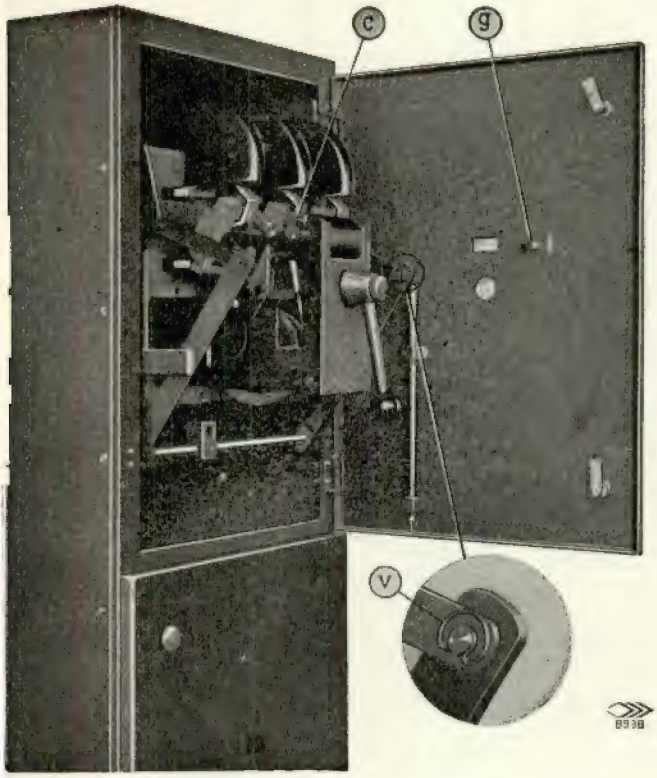


Fig. 23

A fig. 23 representa um disjuntor na posição de interrupção por seccionamento. Se pretendemos retirar completamente o disjuntor para o substituir por outro, em que a regulação dos relés, por exemplo é diferente, basta desmontar os dois troços das alavancas de comando; a substituição pode assim fazer-se muito ràpidamente.

A fig. 24 mostra a parte principal de um compartimento.

Vê-se que o conjunto está montado sobre um chassis que além do disjuntor suporta o dispositivo de seccionamento, os jogos de barras e as chegadas ou saídas dos cabos. Estes chassis, de uma grande simplicidade garante a precisão do ajuste e por conseguinte a intermutabilidade dos aparelhos.

As figuras 20, 21 e 22 mostram que de acordo com a intensidade nominal dos disjuntores e consoante se trata ou não de aparelhos de comando eléctrico, estes dispõem-se num, dois ou três andares. Se se utiliza toda a altura quer dizer se todos os compartimentos estão ocupados, há vantagem em prever um acesso pela rectaguarda a fim de atingir mais fàcilmente as extremidades dos cabos. Se este acesso é impossível recomendamos que se deixe livre o compartimento inferior; nesse compartimento colocam-se então a ou as caixas de fim de cabo; as ligações são assim grandemente facilitadas.

«Normablocs» com protecção por fusíveis

O disjuntor de baixa tensão é o aparelho mais recomendável no caso de uma fábrica em que os curto-circuitos e sobrecargas podem ser frequentes; uma simples manobra de religação permite então restabelecer o serviço. Pelo contrário no caso das redes de distribuição em que o posto está em geral abandonado e em que existem sempre as protecções dos consumidores, o disjuntor perde uma parte das suas vantagens e sobretudo toma-se uma solução mais cara; nesse caso é preferível utilizar um fusível calibrado.

Na fig. 4 mostramos um quadro de distribuição blindado, compreendendo 4 saídas de intensidade nominal de 320 A. Este quadro blindado constitui uma excelente solução no caso em que o consumidor possui um transformador de tipo clássico.

No caso em que o conjunto que forma o posto deva ser blindado, previmos a inclusão

deste quadro blindado nas celas normalizadas para manter uma apresentação homogénea, correspondente à que se observa na fig. 25.

Em cada cela existem, seja uma chegada de baixa tensão com um disjuntor geral e duas saídas com fusíveis, seja unicamente duas saídas.

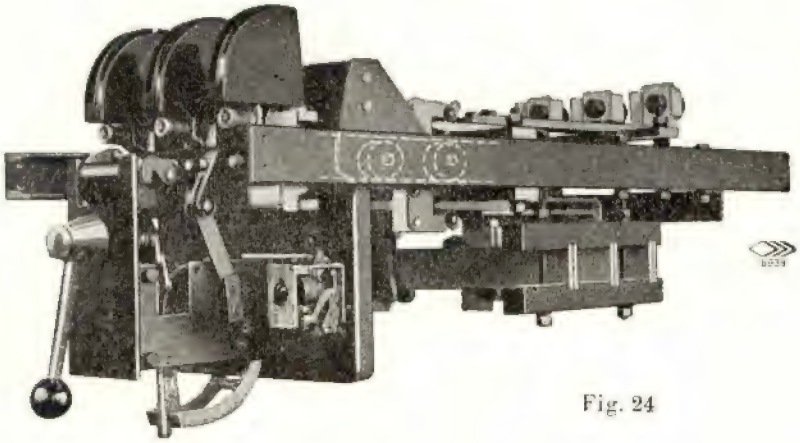


Fig. 24

Os corta-circuitos estão montados sobre um veio vertical; as facas e as maxilas estão previstas para a interrupção em carga. A substituição dos corta-circuitos realiza-se sem dificuldade visto que estes estão isolados dos dois lados.

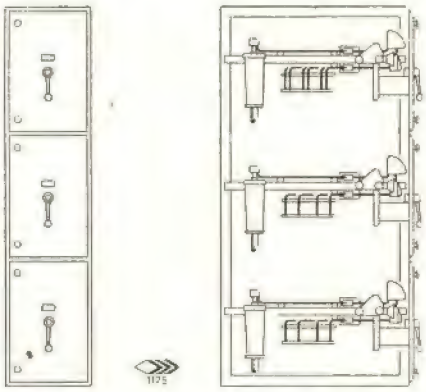


Fig. 20

«Normablocs» com condensadores (fig. 26)

A celas incluem não sòmente as baterias de condensadores como eventualmente os relés (RW 3 da «Compagnie des Compteurs»), e os contactores destinados às ligações e colocação fora de serviço automáticas das baterias quando a carga varia.

A potência destas celas é de 60 kVAR à tensão de 220 V e de 105 kVAR à tensão de 380 V. Podem utilizar-se várias celas de condensadores em cada posto.

Neste caso um único relé de potência reactiva controla o conjunto das celas.

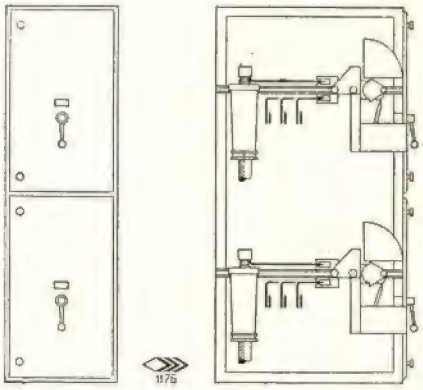


Fig. 21

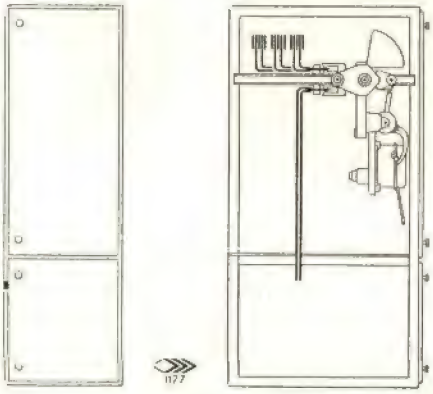


Fig. 22

H. PARRY & SON, L.DA

SEDE: 6, AV. 24 DE JULHO - LISBOA

Telef.: 64187 (4 Linhas) 66065
Teleg.: NAVIOS-LISBOA

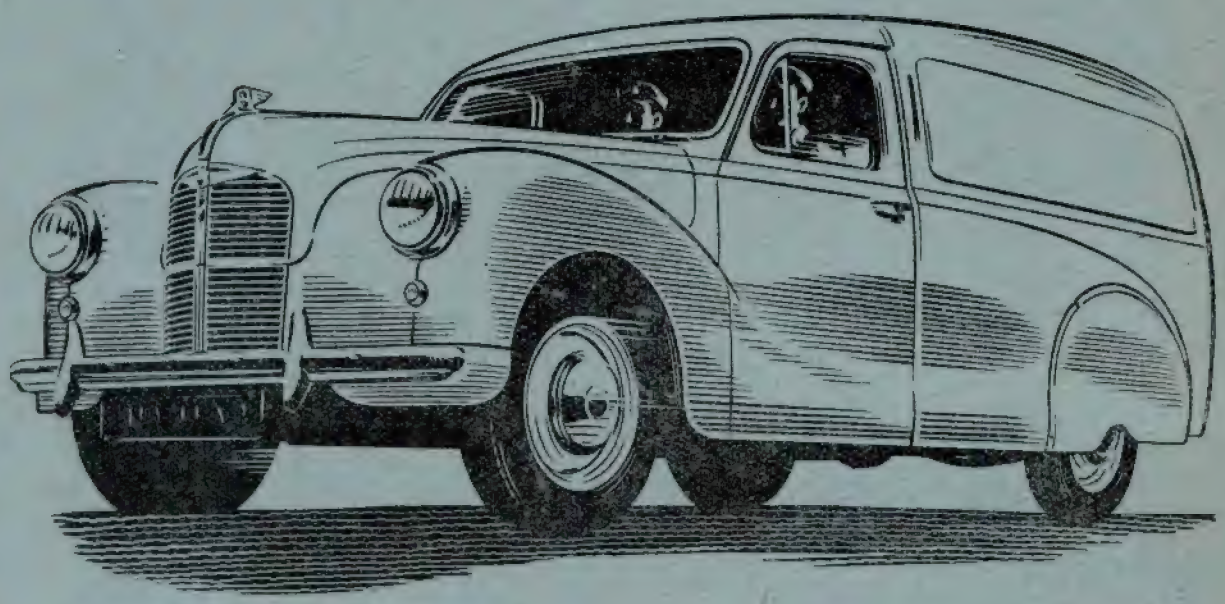
CONSTRUÇÕES
E REPARAÇÕES
NAVAIS

DOCAS SECAS

Execução de qualquer trabalho de
mecânica, electricidade, fundição, caldeiraria, forja, soldadura, etc.

DESENHOS
PROJECTOS
ORÇAMENTOS

Reconhece-se uma boa fourgonette pela garantia



e eficiência da marca AUSTIN

Quando faz a sua distribuição com uma fourgonette Austin os seus fregueses sabem tão bem como o Snr. que está utilizando um excelente veículo. A garantia e eficiência da marca Austin contribuem para a regularidade do seu serviço, podendo ter a certeza que a fourgonette Austin arrancará fácilmente sejam quais forem as condições atmosféricas, rodando sem complicações, graças à regularidade da energia fornecida pelo motor de válvulas à cabeça. Ao escolher este ou outro dos veículos comerciais ligeiros Austin presta a si mesmo um bom serviço.

MONTAGEM CUIDADA

Na fábrica Austin, os calibres de todos os pistões e cilindros são medidos dentro dos limites de tolerância de 1/10,000 de polegada e classificados por diferenças de 5/10,000 de polegada em cinco grupos. Os pistões apenas são aplicados a cilindros que tenham a mesma classificação, o que garante uma combinação tão perfeita quanto é possível. Eis um exemplo do trabalho cuidadoso e da atenção dada aos mais pequenos pormenores que conferem a todos os produtos da organização Austin a garantia de que valem quanto custam.

AUSTIN — A marca em que pode confiar

Peça mais informações à firma distribuidora em Portugal:

J. J. GONÇALVES Sucrs.

LISBOA: RUA ALEXANDRE HERCULANO, 2-4 • **PORTO:** RUA ALEXANDRE BRAGA, 130

AUSTIN MOTOR EXPORT CORPORATION LIMITED • BIRMINGHAM • ENGLAND

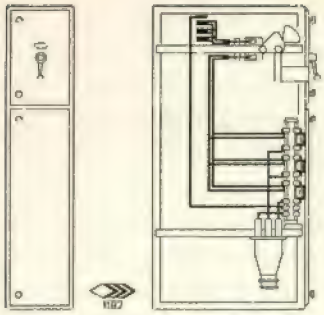


Fig. 25

«Normablocs» com transformadores

Humunizando-se com as celas de alta tensão e as celas de baixa prevêem-se celas de transformadores que compreendem :

—Um transformador montado sobre rodísios ;

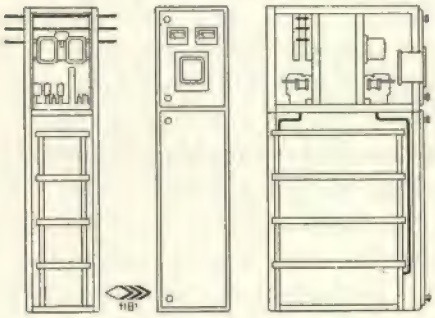


Fig. 26

—Carris ;

—Uma cobertura fixada por um lado, sobre a última cela de alta tensão e por outro sobre a primeira cela de baixa tensão. Esta cobertura foi prevista o mais estreita possível de modo a não prejudicar a circulação do ar ao longo dos radiadores do transformador (ver fig. 27).

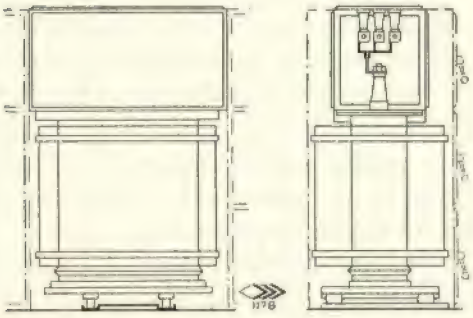


Fig. 27

Os transformadores possuem uma tina prevista de modo a poder unir-se fàcilmente com uma cobertura e harmonizar-se com as celas. Podem ser fornecidos com isolamento por meio de dieléctrico ; tomam-se precauções especiais contra o ataque da tina e das juntas.

No caso de transformadores de pequena potência, caso de consumidores de alta tensão de pequena potência, utiliza-se um transformador normal encerrado numa cela ordinária cuja ventilação foi reforçada (fig. 28).

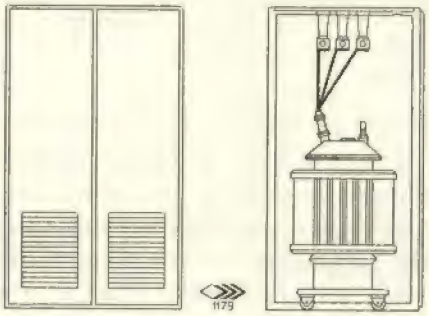


Fig. 28

Para os transformadores de 250 kVA e de potências superiores, cuja cobertura está de certo modo montada como uma ponte entre a alta e a baixa tensão, a saída do transformador não apresenta dificuldade graças à montagem sobre rodas e á face anterior amovível da cobertura.

A utilização destas celas de transformadores encontra por vezes dificuldades na circunstância do consumidor possuir já transformadores estandardizados e pretender conservar a possibilidade de os permutar entre vários postos.

Neste caso duas possibilidades são de encarar :

—Os transformadores na posse do consumidor são blindados e podem então ligar-se às celas de baixa e de alta ao transformador por meio de cabos (fig. 29) ; não há a bem dizer qualquer dificuldade e o conjunto apesar de um aspecto menos agradável conserva o seu carácter blindado ;

—Os transformadores na posse do consumidor são do tipo normal. Recomendamos neste caso encerrar o transformador numa cela protegida por rede para não prejudicar a refrigeração; a ligação do lado da alta é feita em cabo e saída de baixa efectua-se por barras ou por meio doutro cabo.

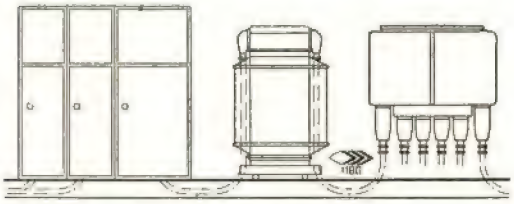


Fig. 29

Trata-se na realidade de casos especiais sobre os quais não podemos alongar-nos.

Notemos no entanto, que se um transformador qualquer não pode ser instalado num conjunto blindado, o transformador utilizado nos nossos conjuntos pode sempre instalar-se em qualquer cela visto que os seus terminais estão normalmente isolados no ar.

Terminamos assim a descrição das celas. Queremos agora chamar a atenção para uma combinação particular, no caso de postos com dois transformadores, a que demos o nome de instalação «Duplex».

Os postos «Duplex»

Até agora temos considerado o aspecto económico como primordial; isto não significa que a solução mais económica seja sempre a melhor.

Em particular, se uma fábrica absorve no total 500 kVA é preferível montar 2 transformadores de 250 kVA com possibilidade de ligação em paralelo de modo a dispor de uma reserva ou simplesmente com o objectivo de diminuir as perdas em vasio.

Pode também haver interesse em que os transformadores não possuam uma potência muito elevada para facilitar a sua instalação sobretudo no caso de postos subterrâneos e quando é necessário atravessar passagens estreitas.

Para evitar no caso de uma grande fábrica, um número muito elevado de postos, pode também haver interesse em reagrupá-los parcialmente, resultando daqui postos de dois transformadores.

Finalmente, se uma fábrica possui duas oficinas perfeitamente separadas absorvendo respectivamente 300 e 500 kVA haverá interesse em só utilizar transformadores de 300 kVA colocando no 2.º atelier 2 transformadores de 300 kVA, apesar da solução comportando um único transformador de 500 kVA ser sem dúvida mais económica.

Por estes motivos estudámos postos de 2 transformadores cuja constituição é a seguinte:

a) «Duplex» lado a lado.

É a melhor disposição se o posto deve ser instalado numa oficina ao longo de uma parede divisória. Este posto pode apresentar duas variantes: a alta tensão encontra-se entre os transformadores e a baixa tensão nas extremidas ou a disposição inversa.

A disposição em que a baixa tensão ocupa a região central é a mais indicada nos casos de fábricas em que a distribuição em baixa tensão é sempre importante. Pelo contrário a disposição com a alta tensão na parte central é preferível se existe na alta tensão, um troço de anel e se a repartição da corrente em baixa tensão é ùnicamente realizada nestes postos de transformação.

b) «Duplex» face a face ou costas com costas.

A disposição anterior tem a desvantagem de necessitar um desenvolvimento em comprimento considerável, o que por vezes apresenta inconvenientes: previmos então a possibilidade de separar o posto em duas partes que se podem colocar quer face a face, quer costas com costas.

A disposição face a face é a que conduz a menor superfície, se tivermos em conta o espaço necessário à saída dos transformadores: é pois a que se aconselha adoptar no caso dos postos subterrâneos em que os trabalhos de betonagem devem executar-se em função do espaço necessário.

A disposição «costas com costas» torna-se interessante no caso em que o posto é instalado na zona central de uma oficina ou se

o local de instalação é uma cave abobadada pre-existente cujo pé direito máximo é em geral inferior a 2 metros.

Deve tomar-se uma precaução especial no caso dos postos com 2 transformadores em que estes podem ser colocados em paralelo: torna-se necessário evitar a volta da alta tensão pelo lado da baixa. Com este objectivo fecha-se a cela de alta tensão dos transformadores com uma fechadura cuja chave só pode obter-se depois de ter aberto o seccionador de baixa tensão correspondente; este encravamento é ao mesmo tempo simples e seguro.

Sob o ponto de vista de preço os postos «Duplex» são evidentemente mais caros do que os postos com um único transformador e não só porque dois transformadores de 250 kVA por exemplo são mais caros do que um de 500 como porque se torna necessário prever mais um aparelho de interrupção sobre a alta tensão e um outro sobre a baixa. Em média podemos calcular que em igualdade de potência um posto «Duplex» é 20 a 25 % mais caro do que um posto com um só transformador.

Preço dos postos blindados

Terminaremos o estudo dos postos de transformação por esta questão enunciada no princípio da presente exposição. Aonde nos conduziu esta normalização?

Em primeiro lugar, é bom notar que para poder comparar a solução blindada à solução clássica se torna necessário proceder a avaliações sobre preços base idênticos, quer dizer contar o número de horas reais de mão de obra à mesma taxa, aumentá-las das mesmas sobretaxas, amortizar as despesas correspondentes aos estudos da mesma forma, e finalmente ter em conta as mesmas despesas de aquisição ou de aprovisionamento.

A conclusão é então simples: um posto blindado custa o mesmo preço do que um posto clássico, mas o que se torna impossível cifrar, num estudo de carácter de tal modo geral é a redução nos trabalhos de construção civil e é precisamente aí que se fazem sentir as vantagens económicas da construção blindada.

A superfície em construção blindada é sensìvelmente a mesma que na construção não blindada pois em muitos casos de construção clássica a aparelhagem é instalada em altura; em particular o interruptor «Autopneumatique» instala-se na maioria dos casos por cima do transformador. Pelo contrário a altura em construção blindada reduz-se a 2 metros, em oposição aos 3 metros ou 3,5 metros da construção não blindada o que dispensa reservar locais especiais a instalação dado que as caves têm pelo menos 2 metros de pé direito.

No caso das fábricas a eliminação da necessidade de um local especial, arrasta uma economia de pelo menos 25 % no preço do posto.

Os postos de rede e os grandes postos

Dissemos que, para os postos de sector, a aparelhagem de alta tensão mais racional era a aparelhagem «Autopneumatique». Para alimentar estes postos, são necessárias linhas ou cabos que devem ser protegidas por disjuntores. Dois casos se podem apresentar:

—a saída dos cabos faz-se de uma subestação ou de uma central de potência média, 10 000 kVA para fixar uma ordem de grandeza; as correntes de curto-circuito são no máximo de 20 000 A.

Denominamos este tipo de posto «posto de rede».

—a saída das linhas faz-se de uma central ou de um posto de transformação de potência elevada em que as correntes de curto-circuito são violentas: temos então um «grande posto».

No primeiro caso, considerámos que a aparelhagem de interrupção que mais convinha era o disjuntor de pequeno volume de óleo em virtude da sua simplicidade, de exigir poucos cuidados de conservação e de

serem pràticamente nulos os riscos de incêndio ou explosão.

No segundo caso, ùnicamente o disjuntor de ar comprimido possui um poder de rutura suficiente, os inconvenientes devidos a uma distribuição de ar comprimido são mínimos pois se trata quase sempre de postos compreendendo serviços auxiliares importantes.

Postos de redes

Se não é possível neste caso realizar uma construção em série, pode no entanto prever-se uma normalização das celas que se reduz a um pequeno número de tipos compreendendo celas com disjuntores e celas com transformadores de tensão; estas últimas apresentam-se como as celas de contagem nos postos de transformação.

As celas com disjuntores (fig. 30) têm a composição seguinte: uma parte fixa compreendendo o barramento e a caixa de fim de cabo à chegada ou à saída, uma parte móvel montada sobre rodísios compreendendo tudo o que deve ser fàcilmente acessível para o controle e a revisão: disjuntores, transformadores de corrente, relés, aparelhos de medida, etc.

A conservação do material é assim facilitada e é ainda possível durante a revisão substituir a parte móvel por uma outra de reserva.

Os barramentos estão isolados para evitar que em caso de acidente num ponto, haja translação de arcos. Quando as partes móveis são seccionáveis existem dispositivos de obturação das tomadas: mesmo quando se retira um disjuntor, o posto conserva o carácter blindado.

Postos de rede com barramento duplo

A realização é a seguinte:

Na parte fixa estão montados dois barràmentos sobrepostos e em compartimentos separados. O acesso a qualquer destes barramentos é possível enquanto o outro se encontra sob tensão, sem perigo de contactos acidentais.

O disjuntor está ligado a um ou outro destes barramentos por intermédio de um seccionador duplo colocado na parte móvel. Este seccionador poderá ser previsto para comutar em vazio, abrindo-se uma das suas facas antes que a outra se feche, ou em carga fechando-se neste caso uma das facas antes que a outra se abra. No primeiro caso o seccionador em questão encontra-se ligado por um dispositivo de encravamento ao disjuntor correspondente, de modo a evitar a interrupção em carga. No segundo caso o seccionador duplo encontra-se ligado por um dispositivo de encravamento com o disjuntor de barramentos, ligando os dois jogos de barras, o que obrigatòriamente deve ser previsto para evitar que a corrente de circulação passe através dos seccionadores. A fig. 30 apresenta um aspecto de uma cela de 15 kV; para 35 kV, a disposição geral é inteiramente idêntica, abstracção feita da escala.

Postos de rede exteriores

Vimos que os postos de transformação só necessitam trabalhos de construção civil em escala muito reduzida; é sempre fácil dispor de qualquer «canto» para os instalar. No caso das subestações o espaço ocupado torna-se um problema importante e com o objectivo de diminuir os encargos de construção civil pode então utilizar-se com vantagem o tipo exterior.

A fig. 31 mostra um corte de uma cela com disjuntor. Pode observar-se nessa figura a existência de portas duplas, cuja função consiste em criar uma zona de acalmia entre a região exterior e as peças sob tensão; esta zona permite a precipitação de poeiras ou de neve, pois estas celas são ligeiramente ventiladas para impedir condensações sobre os aparelhos.

Graças a estas celas que uma vez montadas se podem instalar sobre rodízios, tornou-se possível estudar postos móveis que serão em particular utilizados na passagem de 25 a 50 períodos na região mediterrânea.

Nestes postos de transformação o mesmo vagon pode transportar quer a aparelhagem de 60 kV quer o transformador, quer ainda as celas de distribuição de 15 kV (fig. 33).

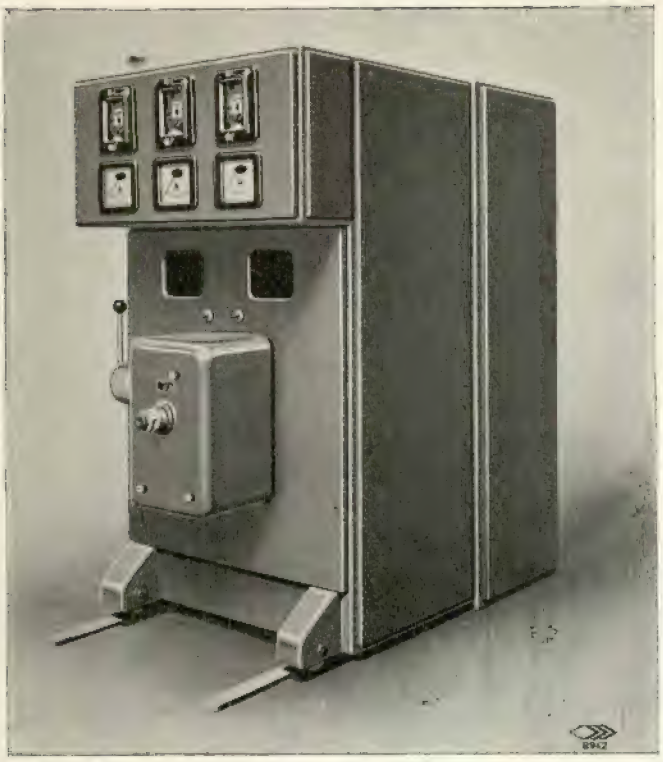


Fig. 30

Postos exteriores inteiramente blindados

Se se colocam no exterior os transformadores e os quadros de distribuição, torna-se vantajoso prever um conjunto blindado. A fig. 34 mostra a maquette de um destes postos 30/5 kV equipado com quatro transformadores de 4.000 kVA. Três destes transformadores alimentam cada qual o seu grupo de 3 saídas de 5 kV, protegidas por disjuntores de pequeno volume de óleo; o quarto transformador tem uma função de reserva. Um barramento de «transfert» de 5 kV e um conjunto de seccionadores de interrupção em carga sobre cada transformador permitem ligar qualquer grupo de saídas sobre o transformador de reserva. Esta disposição tem a vantagem de limitar as correntes de curto-circuito e permite no entanto, em caso de necessidade alimentar vários grupos de saídas por meio de um único transformador ou um só grupo de transformadores.

Do lado dos 30 kV não existem disjuntores encontrando-se estes montados à saída do grande posto. Existem simplesmente, seccionadores de interrupção em carga permitindo ligar os transformadores a uma ou outra das chegadas e por fim seccionar em diferentes pontos o barramento de 30 kV.

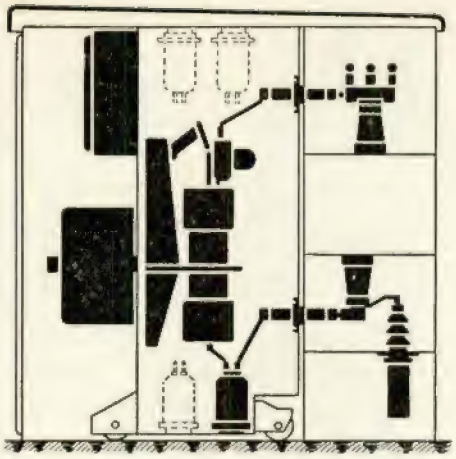


Fig. 31

Todos os aparelhos: disjuntores e seccionadores de interrupção em carga, possuem comando eléctrico; este posto funciona sem pessoal permanente sendo telecomandado. Esta solução dos postos inteiramente exteriores é em nossa opinião uma solução de futuro, pois representa uma economia de 25 a 30 % em relação à realização clássica.

Grandes postos

O esquema destes postos não apresenta diferenças notáveis em relação aos anteriores, mas não se pode neste caso pensar em normalizar, dado que as diferenças de tensão e de poder de corte implicam variações sensíveis no espaço ocupado pelos aparelhos; além disso torna-se frequentemente necessário prever no interior destes conjuntos aparelhagem auxiliar importante tal como transformadores, dispositivos de protecção diferencial, contagem e medida diversa, etc.

O órgão principal nestes conjuntos é o disjuntivo de ar comprimido. A fig. 32 mostra a disposição de um tal aparelho. Como no caso anterior encontra-se a disposição com um ou dois barramentos.

A fig. 33 mostra dois conjuntos duplos de dois barramentos; um para 5 kV e outro para 30 kV. Nesta figura, uma parte das

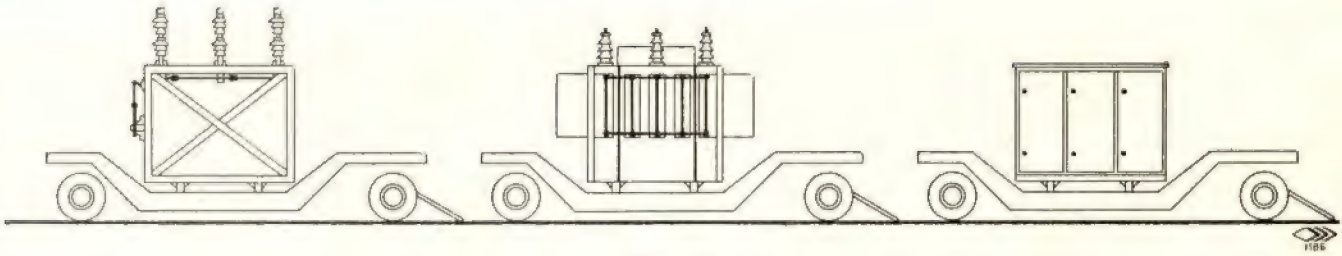


Fig. 33

celas móveis está seccionada; podem ver-se as fichas de ligação em alta tensão e as fichas dos circuitos secundários em baixa tensão.

Preço de custo dos grandes postos
(subestações)

Foi-nos possível, avaliar as realizações e construções actualmente em curso, de um modo bastante preciso o custo dos grandes postos blindados em relação a soluções clássicas.

Tomaremos como exemplo um posto de 30/5 kV com 3 transformadores de 10.000 kVA; o poder de ruptura previsto para os disjuntores de 30.000 e 5.000 V é superior a 500 MVA; o conjunto 30 kV compreende uma dezena de disjuntores e o conjunto 5 kV uns quinze.

Este posto possui 2 barramentos do lado dos 30.000 V e 2 do lado 5.000 V; além disso possui todas as protecções e todos os serviços auxiliares habituais dos grandes postos: protecção, diferencial, telecomando, Actadis, etc.

Numa primeira realização, ùnicamente a distribuição era blindada; todos os sistemas de protecção e Actadis se encontravam instalados à maneira clássica. A construção possuia três andares entre os quais um se destinava à chegada dos cabos e aos transformadores de intensidade alimentando as protecções, outro para os relés de protecção e sistema Actadis; no último andar encontra-

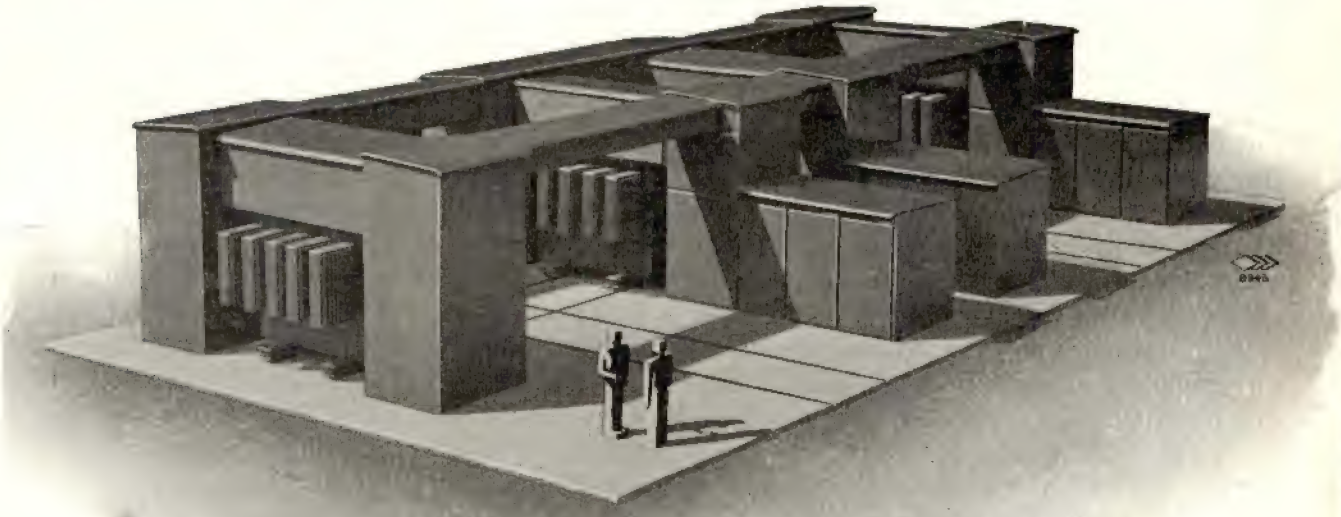


Fig. 34

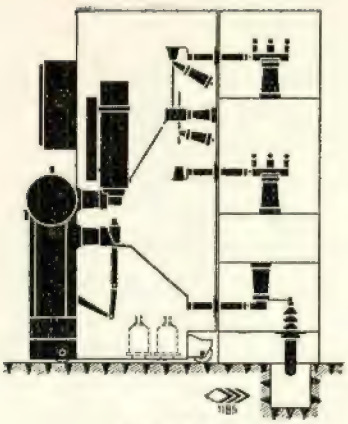


Fig. 32

vam-se instalados os conjuntos blindados. A realização em si podia considerar-se impecável mas as vantagens económicas da utilização da blindagem ofereciam dúvidas.

Numa segunda realização em curso, foi possível incluir no conjunto blindado todos os relés de protecção e os transformadores de intensidade que os alimentam. Dispensou-se assim um andar e a economia conseguida é de 5 % aproximadamente.

Encaramos actualmente a possibilidade de incluir no conjunto blindado o sistema Actadis e as chegadas dos cabos; ficaremos reduzidos a um único andar e a economia conseguida ultrapassará os 10 %.

Se compararmos as duas soluções a distribuição das despesas pode ser avaliada como segue:

	Solução clássica	Solução blindada
Construção civil	23 %	8 %
Transformadores	12 %	12 %
Aparelhagem	30 %	50 %
Protecções diversas e auxiliares.	17 %	17 %
Montagem.	18 %	3 %
Economia.	—	10 %

Fig. 33

Como as despesas totais nos dois tipos de postos ultrapassam frequentemente a centena de milhões de francos franceses inclui-se que a economia realizada graças ao emprego do material blindado pode tornar-se extremamente interessante.

Grandes postos exteriores

Fomos consultados no sentido de suprimir o edifício no caso anterior estudando grandes postos inteiramente exteriores. Formulámos então numerosas reservas a respeito desta concepção pois tornar-se-ia necessário tomar precauções especiais relativas à utilização dos disjuntores de ar comprimido; em particular, importaria evitar a congelação da água de condensação nas condutas de ar; além disso a construção dos conjuntos complicar-se-á em grande medida e não poderemos estar certos de alcançar a economia que se pretendia obter.

Por ora, preconisamos para os grandes postos equipados com disjuntores de ar comprimido uma instalação inteiramente blindada sem andares protegida por uma construção ligeira, com excepção dos transformadores que podem ser sem inconveniente do tipo exterior blindado.

Conclusão

O objectivo deste estudo consiste na procura dos meios adequados à redução do preço do material blindado que apresenta vantagens seguras em relação à solução clássica. Esta redução de preço obteve-se através da normalização, das celas conduzindo à possibilidade de pré-fabricação e através ao estudo de conjuntos de postos cujo objectivo é a utilização do material blindado.

Torna-se necessário adoptar desde a origem o ponto de vista da construção blindada. Não basta consultar-nos a respeito de um conjunto blindado, compreendendo x chegadas e y saídas; necessitamos o conhecimento do conjunto do esquema e dos desiderata do consumidor a fim de prever, sobretudo no caso de postos importantes, os aparelhos de medida, controle, comando, eventualmente o esquema sinóptico, etc. Aí reside a verdadeira economia e a instalação beneficiará em clareza e facilidade de exploração.

Se tivermos em conta a segurança dispensada pelo material blindado a facilidade de exploração e a supressão dos contratempos de montagem, podemos concluir que a este tipo de realização está certamente reservado um grande futuro.

CURSO SOBRE O EMPREGO DA CORTIÇA NOS ISOLAMENTOS TÉRMICOS E FÓNICOS

PELO ENG.º ALFREDO B. DE ANDRADE

(Continuação)

C D. 662.998:674.83

Influência das arestas e dos cantos:

Quando se deseja calcular a q. d. c. que atravessa uma caixa, a área que deve ser utilizada na expressão (27) não é a área interior, a média ou a exterior, pois a primeira daria um erro por defeito e as duas últimas por excesso, mas sim a indicada por Adams e Langmuir:

$$A_m = A + 0{,}54 \times \Sigma y + 1{,}2\ x^2\ (*) \quad \ldots\ldots\ldots\ (59)$$

em que

A — é a área interior
Σy — é o somatório das arestas interiores, e
x — é a espessura das paredes.

III — GENERALIDADES SOBRE A CONVECÇÃO

Já se disse que na convecção o calor é transmitido pelo movimento relativo das partículas de um fluido. Assim, se se considera uma placa com uma temperatura superficial θ_s, colocada num fluido cuja temperatura tomada a certa distância da placa é θ_e, as camadas de fluido que se encontram em contacto com a placa, admitindo que $\theta_s > \theta_e$, aquecem e, devido ao movimento do fluido, vão aquecer outras partes do fluido, sendo substituídas por novas camadas que são por sua vez aquecidas e assim sucessivamente. Se fosse $\theta_s < \theta_e$ o processo dar-se-ia em sentido inverso.

Se o movimento do fluido é causado por diferenças de densidade, originadas por diferenças de temperatura no fluido, a convecção diz-se *natural*. Se por acção de algum meio mecânico tal como uma bomba, uma ventoinha ou de vento simplesmente, a convecção diz-se *forçada*.

Como exemplos de convecção natural temos o aquecimento de um líquido contido num recipiente colocado sobre uma fonte de calor e o aquecimento do ar numa sala fechada, em que não exista qualquer ventoinha, por meio de um aquecedor eléctrico.

Na convecção forçada há que considerar dois casos: o do regime lamelar em que as trajectórias das moléculas são curvas regulares e tais que as de moléculas vizinhas diferem pouco, sem variação muito rápida das velocidades e o do regime turbulento em que as trajectórias são curvas complicadas, variando as velocidades ràpidamente de ponto para ponto, com componentes apreciáveis na direcção normal à direcção geral do movimento.

Num tubo cilíndrico em que circula um líquido, por exemplo a água, se o regime é lamelar pode-se supor o volume do tubo composto por cilindros de eixo comum, deslocando-se na mesma direcção mas com velocidades desiguais, não havendo mistura das camadas periféricas com as centrais.

Quando o regime é turbulento, as trajectórias tornam-se complicadas e irregulares.

Se bem que a convecção seja um fenómeno vulgar, o seu estudo matemático faria intervir a análise completa do movimento dos fluidos e, por isso, só se dará uma ideia das leis que definem as trocas de calor entre um sólido e um fluido.

Existe um valor da velocidade de um fluido — velocidade crítica — para o qual

(*) A expressão (59) só se utiliza quando a menor aresta é superior a $^1/_5$ da espessura das paredes.

se dá a passagem do regime lamelar para o regime turbulento. Aceita-se como tendo a precisão necessária o valor da velocidade crítica dado por:

$$v_c = \frac{2\,400\,\eta}{\rho D}$$

em que η e ρ são a viscosidade e a densidade do fluido e D é o diâmetro do tubo.

Vai-se considerar o caso vulgar de um fluido em contacto com uma parede (fig. 15). Seja θ_s a temperatura superficial da parede e θ_e a do fluido tomada a uma certa distância da parede.

Admite-se, a fim de fixar ideias, que $\theta_s < \theta_e$. Conquanto a parte principal do fluido esteja em movimento mais ou menos turbulento,

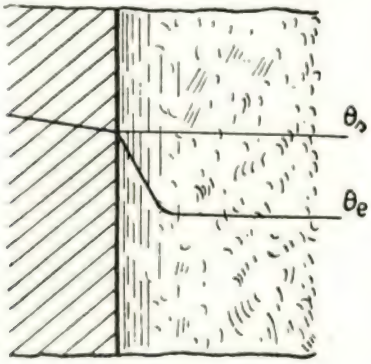


Fig. 15

à superfície do sólido a velocidade do fluido é pràticamente nula, existindo uma camada do fluido quase imóvel devido ao atrito dele na parede. Esta camada tem uma espessura que não é bem definida e é afectada pela turbulência do fluido adjacente. A transmissão do calor através desta camada faz-se mais por condução que por convecção o que vem complicar o processo da transmissão do calor da parede para a parte principal do fluido. A fim de se simplificar os cálculos faz-se uso dos coeficientes superficiais da convecção, os quais têm em consideração o efeito combinado da condução e da convecção.

Coeficiente superficial da convecção

Considera-se um corpo, sólido ou líquido e um fluido em contacto com ele. Para uma d. d. t. (*) $d\theta$ entre a superfície do corpo e o fluido, a. q. d. c. transmitida no intervalo de tempo *dt*, através do elemento de área dA da superfície do corpo situado no ponto *P*, é:

$$dQ = h'_c \, dA \, d\theta \, dt \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (60)$$

em que h'_c é o coeficiente superficial da convecção no ponto P.

Se se considera a área finita A, sendo θ_s a temperatura superficial do corpo e θ_e a temperatura do fluido tomada a certa distância do corpo, a energia calorífica transmitida no intervalo de tempo Δt será:

$$Q = h_c \, A \, (\theta_s - \theta_e) \, \Delta t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (61)$$

em que h_c é o coeficiente superficial médio da convecção.

À expressão (61) da energia calorífica transmitida no intervalo de tempo Δt, corresponde o fluxo de calor

$$q = h_c \, A \, (\theta_s - \theta_e) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (62)$$

e uma densidade média de fluxo de calor

$$f = h_c \, (\theta_s - \theta_e) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (63)$$
$$= h_c \, \Delta\theta$$

em que

$$\Delta\theta = \theta_s - \theta_e$$

À transmissão do calor por convecção pode associar-se, também, a noção de resistência térmica e assim será:

$$R = \frac{\Delta\theta}{q} = \frac{1}{h_c \, A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (64)$$

ou, referindo-se à unidade de àrea:

$$R' = \frac{1}{h_c} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (65)$$

(*) Diferença de temperatura.

Só existe, geralmente, constância de h para pequenas áreas de um corpo de formas e dimensões dadas e a expressão (62) é apresentada especialmente para facilidade de exposição.

Factores que afectam o valor de h_c

Só se vai tratar de um tipo de transmissão de calor por convecção: aquele em que o fluido não muda de estado, isto é, em que se mantém líquido ou gás durante o processo.

Os factores que afectam o coeficiente superficial h_c são: a espécie de fluido considerado, a pressão e a temperatura do fluido, o tipo da superfície limite, a posição da superfície limite, a turbulência do fluido, a direcção do fluxo.

Assim pode dizer-se que:

a) o valor de h_c aumenta à medida que a turbulência do fluido aumenta;

b) no caso da convecção natural, h_c aumenta com a d. d. t. entre o corpo e o fluido;

c) no caso de fluxos através de tubos, em convecção natural ou forçada, h_c aumenta quando a velocidade do fluido aumenta;

d) a transmissão do regime lamelar para o turbulento é acompanhado por considerável aumento de h_c;

e) se considerarmos que o fluxo de energia calorífica actua sobre tubos em que, por exemplo, circula uma salmoura, o valor de h_c é maior para o fluxo normal aos tubos do que quando ele lhes é paralelo.

IV — GENERALIDADES SOBRE A RADIAÇÃO

Enquanto que na condução e na convecção a transmissão calorífica implica a presença de matéria, na radiação dá-se independentemente dela. Assim a energia radiada pelo Sol atravessa o vazio antes de penetrar a atmosfera terrestre.

Admite-se que a energia radiada é constituída por ondas electromagnéticas de elevada frequência.

Se se imagina um corpo encerrado num recinto tèrmicamente isolado, ele emite constantemente energia para as paredes e recebe constantemente delas. Se o corpo está a uma temperatura mais elevada que as paredes a quantidade de energia emitida pelo corpo é maior do que a que ele recebe das paredes; a temperatura do corpo baixa e a das paredes eleva-se até se atingir o equilíbrio. No caso do corpo se encontrar a temperatura inferior à das paredes o caso passa-se inversamente.

Quando a temperatura do corpo é igual à das paredes, ambos os corpos emitem energia radiante mas a quantidade emitida é igual à quantidade absorvida e a temperatura mantém o seu valor.

Poder emissivo

Considere-se um corpo situado no interior de um recinto fechado que se supõe vazio a fim de que só haja trocas de energia por radiação.

A energia dQ_λ, para os comprimentos de compreendidos entre λ e $\lambda + d\lambda$, que é emitida por um elemento de área dA, situado num ponto P do corpo, no intervalo de tempo dt, é proporcional a dA, a dt e a $d\lambda$, vindo:

$$dQ_\lambda = E_\lambda \, dA \, dt \, d\lambda \quad \text{.....} \quad (66)$$

em que E_λ, constante de proporcionalidade, se designa por poder emissivo do corpo, no ponto P e para o c. d. o. (*) λ.

Assim, é usual designar por energia radiante de c. d. o. λ, a energia das radiações de c. d. o. compreendidas entre λ e $\lambda + d\lambda$.

O poder emissivo total é definidor a partir da expressão:

$$dQ = E \, dA \, dt \quad \text{.....} \quad (67)$$

em que dQ é a energia total para toda a banda dos c. d. o., radiada pelo elemento de superfície de área dA no tempo dt.

Admitindo que E é constante em toda a superfície radiante pode-se fazer:

$$Q = E \, A \, \Delta t \quad \text{.....} \quad (68)$$

(*) c. d. o. — abreviatura de comprimento de onda.

em que A é a área total da superfície radiante e Δt um dado intervalo de tempo.

Emissividade e absorvidade

Quando a energia radiante atinge um corpo, parte dela é absorvida, parte reflectida, podendo também ser parte transmitida através dele.

O aglomerado negro de cortiça, por exemplo, absorve quase toda a energia que nele incide, reflecte muito pouco, e pràticamente não transmite através dele.

Denomina-se *absorvidade* de uma superfície, para a radiação de qualquer c. d. o., à razão entre a energia radiante absorvida e a energia radiante incidente do c. d. o. dado.

A *emissividade* de uma superfície a uma dada temperatura e c. d. o. é a razão entre a potência radiante emitida por unidade de área, a essa temperatura e para esse c. d. o., e a potência radiante máxima do mesmo c. d. o. que pode emitir por unidade de área, à mesma temperatura, qualquer superfície (*).

A absorvidade é um número abstracto assim como a emissividade. O poder emissivo é uma grandeza com dimensões, exprimindo-se em unidades de potência por unidade de área e por unidade de c. d. o.

Lei de Kirchoff

Considerem-se duas superfícies planas, paralelas e isoladas, que se encontrem à mesma temperatura e suponha-se que não há energia transmitida através delas.

Seja e_1, e_2 e a_1, a_2 as emissividades e as absorvidades das duas superfícies. Visto que as duas superfícies estão à mesma temperatura e se encontram isoladas é evidente que a energia irradiada por cada uma delas é igualada pela energia absorvida. Assim, se se designar, por f_λ, a densidade de fluxo da energia radiante máxima que qualquer superfície pode emitir a essa temperatura e para o c. d. o. λ, a energia radiada na unidade de tempo e por unidade de área para as duas superfícies é $e_1 f_\lambda$ e $e_2 f_\lambda$ respectivamente.

Visto que as duas superfícies emitem tanta energia quanta absorvem, podemos escrever

$$e_1 f_\lambda = a_1 e_2 f_\lambda + a_1 (1 - a_2) e_1 f_\lambda$$

para a primeira superfície e

$$e_2 f_\lambda = a_2 e_1 f_\lambda + a_2 (1 - a_1) e_2 f_\lambda$$

para a segunda.

O primeiro membro de cada uma das igualdades representa a energia, referida à unidade de área e à unidade de tempo, que uma das superfícies emite.

O primeiro termo do segundo membro de cada uma das igualdades indica a energia absorvida proveniente das radiações emitidas pela outra superfície.

O segundo termo do segundo membro de cada uma das igualdades dá a energia absorvida pela superfície que provém das radiações que ela própria emite e que de novo nela incidem após se terem reflectido na outra superfície.

As duas expressões acima permitem estabelecer a relação

$$\frac{e_1}{a_1} = \frac{e_2}{a_2} \quad \text{.....} \quad (69)$$

que se conhece por *lei de Kirchoff* e assim, pode afirmar-se, que para qualquer c. d. o. e temperatura a razão da emissividade pela absorvidade é uma constante para todas as superfícies.

Corps negro e superfícies cinzentas

Um corpo negro é definido como sendo aquele que absorve todas as radiações de todos os c. d. o. que nele incidem. Logo, conclui-se que a absorvidade a para um corpo negro é igual à unidade para todos os c. d. o.

Na realidade não existem corpos negros, mas apenas corpos muito absorventes.

(*) Ver-se-á em breve que o padrão de referência é o *corpo negro*.

Uma conclusão importante que se tira da lei de Kirchoff é que qualquer superfície emite energia radiante proporcionalmente à sua possibilidade de o absorver. Ora o corpo negro é, por definição, aquele que tem o mais elevado poder emissivo.

Recordando a definição já dada para a emissividade vê-se que é o corpo negro que oferece a superfície cujo poder emissivo serve de comparação às outras e portanto a sua emissividade é igual à unidade.

Então, atendendo à lei Kirchoff pode-se dizer que para qualquer superfície e para qualquer c. d. o. e temperatura

$$e = a \quad \ldots\ldots \quad (70)$$

Define-se *superfície cinzenta* como sendo aquela que possui a mesma emissividade a todos os c. d. o. e temperaturas. Assim ela terá também uma absorvidade instante.

Na prática corrente é costume considerar as superfícies como cinzentas, o que dá origem a um erro normalmente pequeno.

Lei de Stefan

O fluxo radiante emitido por um corpo negro, para o conjunto dos c. d. o., é proporcional à quarta potência da sua temperatura absoluta. Tal é o enunciado da Lei de Stefan, cuja expressão analítica é:

$$q = \sigma A T^4 \quad \ldots\ldots \quad (71)$$

em que

σ — é o factor de proporcionalidade cujo valor é de $4{,}9 \times 10^{-8}$ Kcal/m² h. (gr. abs.)⁴;

A — é a área do corpo negro;

T — é a temperatura absoluta do corpo negro ($T = \theta + 273$).

Atendendo à definição dada para uma superfície cinzenta, vê-se que o fluxo radiante emitido por uma tal superfície de emissividade e será:

$$q = \sigma e A T^4 \quad \ldots\ldots \quad (71\text{-a})$$

Pode-se calcular a quantidade de energia transmitida entre duas superfícies, num meio que se supõe não absorvente, por radiação. Vai-se tratar apenas do caso em que toda a energia radiada por uma das superfícies incide na outra superfície, considerando-se duas hipóteses.

a) Uma das superfícies, considerada cinzenta (1), está colocada no interior de outra, considerada como corpo negro (2):

Então o fluxo de energia radiante emitido pela superfície 1 será igual a

$$q_1 = \sigma e_1 A_1 T_1^4$$

em que e_1, A_1 e T_1 são a emissividade, a área e a temperatura absoluta da superfície 1.

Esta energia é completamente absorvida pela superfície 2.

Por outro lado a superfície 1 absorve do corpo negro cuja temperatura absoluta é T_2, um certo fluxo de energia radiante. A fim de se calcular o valor deste fluxo, vai-se supor que a superfície 1 é substituída por um corpo negro de área A_1, à temperatura absoluta T_2. Haveria equilíbrio com o meio, emitindo o corpo negro tanto quanto absorveria, isto é, $\sigma A_1 T_2^4$. Então é este o valor do fluxo de energia radiante que incide sobre a superfície cinzenta, absorvendo ela

$$q'_1 = \sigma a_1 A_1 T_2^4$$

e visto que $e_1 = a_1$, tem-se

$$q'_1 = \sigma e_1 A_1 T_2^4$$

sendo o fluxo resultante perdido (ou ganho) pela superfície cinzenta

$$q = q_1 - q'_1$$

ou

$$q = \sigma e_1 A_1 (T_1^4 - T_2^4) \quad \ldots\ldots \quad (72)$$

expressão a que posso dar a forma:

$$q = h_r e_1 A_1 (\theta_1 - \theta_2) \quad \ldots\ldots \quad (73)$$

fazendo

$$h_r = \frac{\sigma (T_1^4 - T_2^4)}{\theta_1 - \theta_2} \quad \ldots\ldots \quad (74)$$

em que h_r é o coeficiente superficial para a radiação e para as condições do corpo negro, θ_1 e θ_2 são as temperaturas centígradas da superfície cinzenta e do corpo negro respectivamente.

b) Uma das superfícies, considerada cinzenta (1), está colocada no interior da outra, também cinzenta (2).

O fluxo resultante de energia radiante perdido (ou ganho) pela superfície 1 depende, agora, não só das emissividades de ambas as superfícies, mas também das suas formas e posições relativas.

Há que fazer uso de um factor *F* para atender a estas dependências e assim tem-se:

$$q = h_r A_1 (\theta_1 - \theta_2) F \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (75)$$

Dão-se a seguir, valores de *F* para diversos casos:

Factor de emissividade F

N.º	Caso	F
1)	A superfície 1 é de qualquer forma, mas muito menor que a superfície 2	e_1
2)	A superfície 1, é de qualquer forma, mas quase das mesmas dimensões que a superfície 2	$\dfrac{1}{\dfrac{1}{e_1} + \dfrac{1}{e_2} - 1}$
3)	Caso intermédio entre 1) e 2)	$e_1 > F > \dfrac{1}{\dfrac{1}{e_1} + \dfrac{1}{e_2} - 1}$
4)	As duas superfícies 1) e 2) são representadas por dois planos paralelos e infinitos	$\dfrac{1}{\dfrac{1}{e_1} + \dfrac{1}{e_2} - 1}$
5)	As duas superfícies 1) e 2) são superfícies cilíndricas com o mesmo eixo mas tais que $r_1 < r_2$ e de comprimento infinito	$\dfrac{1}{\dfrac{1}{e_1} + \dfrac{r_1}{r_2}\left(\dfrac{1}{e_2} - 1\right)}$
6)	A superfície 1 é a mais pequena de duas superfícies esféricas concêntricas	$\dfrac{1}{\dfrac{1}{e_1} + \left(\dfrac{r_1}{r_2}\right)^2\left(\dfrac{1}{e_2} - 1\right)}$

em que e_1 e e_2 são as emissividades e r_1 e r_2 os raios da superfícies 1 e 2 respectivamente.

Tal como para a convecção também na transmissão por radiação se pode associar a noção de resistência térmica. Já se viu de uma forma geral que o fluxo de energia perdida por uma superfície de área *A*, à temperatura θ_S para o ar que a rodeia à temperatura θ_e, ($\theta_S > \theta_e$), pode ser dado por

$$q = h' A (\theta_S - \theta_e) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (76)$$

em que *h'* (*) é um factor que depende da natureza da superfície, da temperatura, etc.

Então será:

$$R = \frac{\theta_S - \theta_e}{q} = \frac{1}{h' A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (77)$$

ou por unidade de área

$$R' = \frac{1}{h'} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (78)$$

Unidades

Existe, infelizmente, certa confusão nas unidades empregadas. É uso indicar-se as quantidades de energia calorífica em peque-

(*) Nos casos considerados é $h' = b_r F$

nas calorias (cal), em grandes calorias ou quilocalorias (Kcal), unidades que não pertencem a qualquer sistema.

Como já se disse, uma q. d. c. é uma quantidade de energia e, assim, pode exprimir-se o valor de uma q. d. c. nas unidades de energia (erg. joule, Kgm), o que é mais conveniente. Logo um fluxo de calor deve indicar-se em unidades de potência (erg/s, watt, Kgm/s).

Seguir-se-á, porém, o uso. Isto é, utilizar-se-á, no estudo que se vai fazer, um sistema de unidades que tem como grandezas fundamentais: a quilocaloria, a hora e o metro. Tal sistema é o usual na Europa. Assim pode construir-se o seguinte quadro:

Designação e símbolo	Equação de definição	Equação das dimensões	Nome, símbolo ou abreviatura
Quantidade de calor (Q).....	Grandeza fundamental	Q	Quilocaloria (Kcal)
Tempo (t)	Grandeza fundamental	T	hora (h)
Comprimento (l)	Grandeza fundamental	L	metro (m)
Fluxo de calor (q).....	$Q = q.\ \Delta t$	$Q\ T^{-1}$	Kcal/h
Densidade de fluxo de calor (f)	$q = f.\ A$	$Q\ T^{-1}\ L^{-2}$	Kcal/m.²h
Condutibilidade térmica (K)	$f = K \frac{\Delta\theta}{\Delta x}$	$Q\ T^{-1}\ L^{-1}\ \theta^{-1}$	Kcal/m.h.°C
Resistência térmica (R).....	$R = \frac{\Delta\theta}{q}$	$Q^{-1}\ T\ \theta$	°C.h/Kcal
Coeficiente superficial (h).....	$q = h.\ A\ \Delta\theta$	$Q\ T^{-1}\ L^{-2}\ \theta^{-1}$	Kcal/m².h°C

Algumas fórmulas empíricas para o coeficiente superficial da convecção

Convecção natural:

1) Superfícies horizontais expostas ao ar:

a) Superfícies superiores de placas horizontais expostas ao ar:

$$h_C = 2{,}15\ (\Delta\theta)^{0{,}25} \quad \text{.....} \quad (79)$$

b) Superfícies inferiores de placas horizontais expostas ao ar:

$$h_C = 1{,}13\ (\Delta\theta)^{0{,}25} \quad \text{.....} \quad (80)$$

2) Superfícies verticais ao ar (com mais de 30 cm de altura):

$$h_C = 1{,}53\ (\Delta\theta)^{0{,}25} \quad \text{.....} \quad (81)$$

3) Tubos horizontais, isolados, de secção circular recta ao ar:

$$h_C = 0{,}966 \left(\frac{\Delta\theta}{D}\right)^{0{,}25} \quad \text{.....} \quad (82)$$

4) Tubos verticais isolados de secção circular recta ao ar:

$$h_C = 0{,}924 \left(\frac{\Delta\theta}{D}\right)^{0{,}25} \quad \text{.....} \quad (83)$$

Convecção forçada:

Fluxo de ar sobre superfícies planas:

$$h_C = 4{,}88 + 3{,}52\ v \quad \text{para } v < 4{,}88\ m/s \quad \text{.....} \quad (84)$$

$$h_C = 6{,}7\ v^{0{,}8} \quad \text{para } 4{,}88\ m/s < v < 30{,}48\ m/s \quad (85)$$

em que

h_c — coeficiente superficial da convenção (Kcal/m².h.°C)
$\Delta\theta$ — diferença de temperatura entre a superfície e o fluído (°C)
v — velocidade do ar (m/s)
D — diâmetro do tubo (m)

Aplicação prática:

Vai fazer-se uma aplicação da fórmula (59).

Assim suponhamos que queremos calcular a transmissão de calor através de uma caixa frigorífica com as seguintes características:

Dimensões interiores $0{,}60 \times 0{,}60 \times \times 1{,}30$ m.

Revestimento isolante: aglomerado negro com a espessura de 10 cm (K = 0,033 Kcal/m.h.°C).

Caixa exterior: pinho (K = 0,130Kcal/ /m.h°C), com uma espessura de 0,02 m.

Temperatura superficial interior: -5° C.

Temperatura superficial exterior: 20° C.

a) Considerando a caixa de aglomerado negro:

Determinação de Am

$$A_{m1} = A + 0{,}54 \times \Sigma y + 1{,}2\, x^2$$

$$= 3{,}84 + 0{,}54 \times 0{,}10 \times 10 + 1{,}2 \times 0{,}10^2$$

$$= 4{,}392 \text{ m}^2$$

A resistência térmica que corresponde a esta caixa de aglomerado negro será de

$$R_1 = \frac{e}{K\,A} = \frac{0{,}10}{0{,}033 \times 4{,}392} = 0{,}689$$

b) Para a caixa de pinho, tem-se:

Dimensões interiores:

$$0{,}80 \times 0{,}80 \times 1{,}50 \text{ m}$$

$$A_{m2} = 6{,}08 + 0{,}54 \times 0{,}02 \times 12{,}4 + + 1{,}2 \times 0{,}02^2 = 6{,}214 \text{ m}^2.$$

A resistência térmica, correspondente à caixa de pinho, é:

$$R_2 = \frac{e}{K\,A} = \frac{0{,}02}{0{,}130 \times 6{,}214} = 0{,}025$$

c) A resistência total da caixa é:

$$R = R_1 + R_2 = 0{,}689 + 0{,}025 = 0{,}714$$

d) Logo o fluxo de energia calorífica através da caixa é de:

$$q = \frac{\Delta\theta}{R} = \frac{20 - (-5)}{0{,}714} = 35 \text{ Kcal/h}$$

ou que é o mesmo

$$35 \times 1{,}163 = 40{,}7 \text{ watts.}$$
$$(1 \text{ Kcal/h} = 1{,}163 \text{ watts}).$$

(Continua)

A GENERAL ELECTRIC NO CAMPO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA

Central Hidro-Eléctrica contendo 10 grupos com alternadores verticais GENERAL ELECTRIC de 60 000 KVA, cada, instalada na barragem de Bonneville, no Rio Columbia, Estado de Oregon, E. U. A.

GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, S. A. R. L.

LISBOA

Rua do Norte, 5

FILIAL NO PORTO

R. Sá da Bandeira, 585

Separatas da «Técnica»:

Operações Unitárias da Indústria Química

PELO

Prof. Eng.º Luís de Almeida Alves

Preço 60$00

A Mecânica dos Solos e as suas Aplicações

PELO

Eng.º Manuel Pimentel Pereira dos Santos

Preço 60$00

À venda na nossa Redacção

ELECTRO-ARCO
LIMITADA

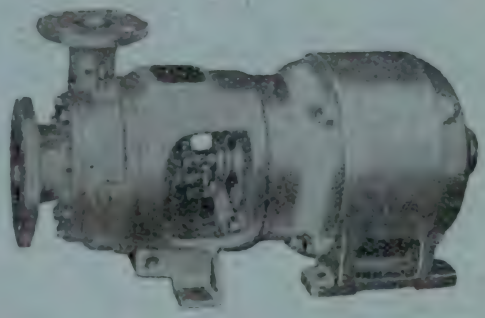
ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA — AMADORA
LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 63649
PORTO
RUA GUEDES DE AZEVEDO, 151-TEL 21277

INGERSOLL-RAND, L.DA

Compressores — Material para minas
Ferramentas Pneumáticas
Bombas centrífugas — Guinchos eléctricos e a ar comprimido
Condensadores de vapor — Motores «Diesel»
Equipamentos de refrigeração



Largo do Corpo Santo, 28-2.º
LISBOA

Telef. 2 3212 / 2 9671

Teleg. INGERSOLL

Nas Colónias
METROCOL, LDA.
LUANDA

Para equipamento de garagem
C. SANTOS, LDA.
LISBOA PORTO COIMBRA

DO MUNDO TÉCNICO

Método rápido de resolução de equações e extracção de raizes de qualquer grau

por STEINMAM, «Civil Engineering», Junho 1950

C. D. 512.34

Um processo prático para a resolução de equações de alto grau que ocorrem em problemas de engenharia é o que a seguir se indica. O método é explicado directamente por meio de exemplos numéricos.

1.º Exemplo — Equação cúbica

Seja a equação $x^3 = 5x^2 + 2x + 3$ em que o coeficiente de x^3 é igual à unidade. Os coeficientes numéricos do 2.º membro (5 – 2 — 3) são escritos em diagonal. O cálculo efectua-se preenchendo as linhas com os números que se obtêm multiplicando o algarismo que a inicia pela sequência dos valores de r. Estes são obtidos somando os valores de cada coluna. Temos

5	25	135	740	...
	2	10	54	...
		3	15	...
r = 5	27	148	809	...

Os valores de r aproximam-se sucessivamente de x, x^2, x^3, x^4, etc. Portanto um valor cada vez mais aproximado de x é dado pelas relações convergentes

$$x \approx \frac{5}{1}\ ;\ \frac{27}{5}\ ;\ \frac{148}{27}\ ;\ \frac{809}{148}\ \ldots$$

$$x \approx 5\ ;\ 5{,}4\ ;\ 5{,}48\ ;\ 5{,}466;\ \ldots$$

O método indicado permite, assim, obter a raiz da equação com quatro algarismos significativos. Mas pode-se continuar, obtendo a aproximação que se quizer

2.º Exemplo — Equação de quarto grau

$$x^4 = 5x^3 + 2$$

5	25	125	625	...
			2	...
r = 5	25	125	627	...

$$x = \frac{627}{125} = 5{,}016$$

Neste exemplo os coeficientes de x^2 e x são nulos, omitindo-se a 2.ª e 3.ª linhas.

3.º Exemplo — Equação de quinto grau

$$x^5 = 10x^4 + x^3 + 2x^2 + 3x + 4$$

10	100	1 010	10 220	103 440	...
	1	10	101	1 022	...
		2	20	202	...
			3	30	...
				4	...
r = 10	101	1 022	10 344	104 698	...

$$x = \frac{104\,698}{10\,344} = 10{,}1216$$

Como se vê, simples operações aritméticas permitem achar o resultado com 6 algarismos significativos muito ràpidamente.

4.º Exemplo — Equação de coef. unitário

A aplicação do método pode, no entanto, ser ainda simplificada em casos especiais.

No caso dos coeficientes de x^n serem todos iguais à unidade, pode dispensar-se a elaboração da tábua indicada, porque os valores sucessivos de r são dados pela soma dos *n* valores que o precedem.

Assim, na equação

$$x^4 = x^3 + x^2 + x + 1$$

o coeficiente de x^1 é igual a 1. Cada valor de r é igual à soma dos 4 precedentes (se a equação é do 4.º grau). Teremos

$$r = 1, 1, 2, 4, 8, 15, 29, 56, 108 \ldots\ldots$$

$$r = \frac{108}{56} = 1{,}928$$

Com efeito, uma série escrita desta maneira converge para o mesmo valor de x qualquer que seja o valor tomado inicialmente para *r*. O método corrige-se automáticamente.

5.º Exemplo

Nos exemplos precedentes o valor absoluto de x é maior que 1, que é a condição necessária para a convergência. Se o valor absoluto de x for menor que 1, então muda-se de incógnita, pela relação

$$y = \frac{1}{x}$$

Seja a equação

$$x^3 = 2x^2 - 5x + 1$$

Faz-se

$$x = \frac{1}{y}$$

vem

$$y = 5y - 2y + 1$$

e teremos

5	25	115	.....
	— 2	— 10	.....
		1	
r = 5	23	106	.....

$$x = \frac{1}{y} = \frac{23}{106} = 0{,}217$$

Como se vê, transforma-se a equação numa outra, com os mesmos coeficientes numéricos, mas em ordem

inversa (e cujos sinais mudaram por transposição). A raiz procurada $\frac{1}{y}$ é dada pela relação dos valores de r em ordem inversa.

6.º Exemplo — Coef. do 1.º termo maior que 1

Se o coeficiente do termo de maior grau for m, não é necessário dividir todos os coeficientes por m antes de aplicar o método. Basta dividir a soma de cada coluna por m. Suponhamos o caso

$$1{,}2\,x^3 = 6\,x^2 - x + 4$$

m = 1,2	6	30	145	.....
		— 1	— 5	.....
			4	.....
m r = 6		29	144	.....
r = 5		24,17	120	.....

$$x = \frac{120}{24{,}17} = 4{,}97$$

Neste caso, portanto, a soma das colunas dá valores iguais a $m\,r$ sendo necessário dividir esses valores por m para obter os valores de r que se utilizam nas multiplicações para formar as sucessivas linhas.

7.º Exemplo — Método rápido

Uma rápida resolução pode ser efectuada só com os três valores $r = 1$, x_0 x^2_0 onde x_0 é um valor aproximado da raiz.

Seja a equação $x^3 = 3\,x^2 + 4\,x - 1$

	3		
		4	
			— 1
r = 1		4	16

Um valor aproximado da raiz, é $\frac{4}{1} = 4$ que nos permite escrever o 3.º valor de r ($4 \times 4 = 16$). Operando com estes três valores 1 — 4 — 16 podemos agora escrever mais duas colunas, que nos dão o valor da raiz mais ràpidamente

3			48	189
	4		16	64
		— 1	— 1	— 4
r = 3	4	16	63	249

$$x = \frac{249}{63} = 3{,}95$$

8.º — Extracção de raiz indice n

Para resolver a equação $x^n = N$ transforma-se, em primeiro lugar, noutra da forma $x = a \pm \frac{1}{y}$ em que a é um valor aproximado da raiz índice n de x

a) *Raiz quadrada*

Seja $x^2 = 7$ Faz-se $x = 3 - \frac{1}{y}$

e substituindo na equação dada vem

$$y^2 = 3\,y - \frac{1}{2}$$

3	9	25,5	.....
	— 0,5	— 1,5	.....
r = 3	8,5	24	

$$x = 3 - \frac{8{,}5}{24} = 2{,}6458$$

Este método, que dá 5 algarismos significativos, é de aplicação mais rápida que o processo geralmente adoptado neste cálculo. Note-se ainda que ele permite extrair raizes de grau superior, o que só pode, habitualmente, ser resolvido pelo cálculo logarítmico

b) *Raiz cúbica*

Para resolver $x^3 = 67$ $(= 4^3 + 3)$

faz-se

$$x = 4 + \frac{1}{y}$$

ou

$$y^3 = 16\,y^2 + 4\,y + \frac{1}{3}$$

16	256	.....
	4	.....
		1/3
r = 16	260	.....

$$x = 4 + \frac{16}{260} = 4{,}0615$$

c) *Raiz quinta*

Para resolver $x^5 = 37$ $(= 2^5 + 5)$

faz-se

$$x = 2 + \frac{1}{y}$$

donde

$$y^5 = 16\,y^4 + 16\,y^3 + 8\,y^2 + 2\,y + \frac{1}{5}$$

16	256	4.352	.....
	16	256	.....
		8	.....
			2 .....
r = 16	272	4.616	.....

$$x = 2 + \frac{272}{4.616} = 2{,}0589$$

Transmissão de corrente contínua em cabo unipolar submarino a 100 KV

C. D. 621.315.28

Por falta de recursos hidroeléctricos próprios, a ilha de Gotland a 100 Km da costa sueca apenas consome energia eléctrica de origem térmica. Este facto levantou o problema da transmissão de energia do continente para a ilha por meio de um cabo submarino.

Feitos os cálculos, chegou-se à conclusão de que a corrente contínua, devido à distância, era mais económica que a alternada para realizar essa transmissão. E atendendo aos progressos conseguidos no domínio dos convertidores, as autoridades suecas resolveram este ano iniciar a obra; o cabo e as instalações de convertidores foram encomendados recentemente à «Ásea», devendo a instalação estar pronta para ensaios em 1954.

A transmissão é prevista para 20 000 Kw à tensão de 100 KV. A sub-estação de mutadores situada no continente será alimentada pela rede geral a 132 KV. A estação de onduladores, na ilha, alimentará a rede de distribuição a 30 KV. A central térmica da ilha passará para os serviços de ponta e reserva, e será instalado um condensador síncrono de 30 MVA, suficiente para cobrir a energia reactiva consumida pela rede e pelos onduladores.

A energia será transmitida por meio de um só cabo, unipolar, fazendo-se o retorno da corrente pelo mar; para isso haverá electrodos situados a 10 — 20 Km do cabo que evitarão a acção electrolítica sobre ele.

Cada sub-estação de conversão terá dois convertidores hexafásicos, cada um deles munido do seu transformador próprio, estando ligados em série do lado da corrente contínua. Cada convertidor será constituído por seis válvulas de vapor de mercúrio montadas sobre uma armação comum com uma 7.ª válvula dita «em derivação». Esta última está prevista para entrar em serviço temporàriamente em caso de avarias transitórias rápidas.

Cada válvula terá o seu sistema próprio de ventilação e manutenção. Como vão ser submetidas a tensões elevadas e diferentes em relação à Terra os seus aparelhos auxiliares serão alimentados por transformadores de isolamento.

A instalação da ilha de Gotland apresentará também a primeira aplicação prática de uma série de princípios novos de regulação e protecção contra avarias. A regulação da frequência da rede da ilha; será feita, normalmente por meio de um regulador influenciado pela diferença existente entre o valor real da frequência e o desejado; este regulador agirá sobre o dispositivo de comando das grelhas dos mutadores da estação continental, graças a uma ligação rádio telegráfica entre as duas estações. Ao contrário, a regulação de tensão será feita de uma maneira mais convencional, por meio de um regulador que vai comandar a excitação do condensador síncrono. Entre os dispositivos de protecção, haverá limitadores de correntes ultra-rápidos, que em caso de avaria transitória vão limitar a amplitude da avaria e restabelecer as condições normais num tempo suficientemente curto para que se não produza qualquer interrupção de serviço.

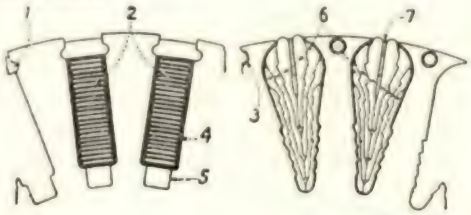
Embora em pequena quantidade, a energia poderá ser transmitida em sentido inverso, de maneira que a central térmica da ilha possa contribuir um pouco para a alimentação em energia do continente em períodos de seca.

Ásea-Revue. Set. — Nov. 1950

Rotores mais leves para turbo-alternadores

C. D. 621.313.3.044.3

A figura junta mostra o sistema clássico de cava com os condutores em barras rectangulares (à esq.) e um novo sistema de cavas com os condutores em magnésio com 1,5 % de manganésio, perfilados. A base do dente, com este sistema, torna-se nìtidamente mais forte; isso tem importância não só sob o ponto de vista de resistência mecânica aos esforços provocados pela força centrífuga combinada do dente e da bobina como sob o ponto de vista magnético (menor indução para o mesmo fluxo).



Os condutores perfilados, recobertos de uma camada de óxido e de outra de isolante, são colocados radialmente no rotor, um par após outro. Depois de colocado o 1.º par, forçam-se os condutores laleralmente de encontro às paredes da cava recobertas de uma delgada folha isolante, a fim de os fazer tomar a forma delas. Procede-se de igual modo com cada um dos pares seguintes, e entre os dois últimos condutores coloca-se à força uma chaveta de fecho.

Prevê-se que com o novo método de construção se obtenham as seguintes vantagens:

1.º) O peso dos novos rotores não deve ir além de $^3/_4$ do dos de construção clássica; o momento de inércia não deve passar de metade, e a velocidade periférica pode duplicar.

2.º) Não devem consumir mais que $^7/_8$ da energia actualmente necessária para crear o campo indutor; o comprimento médio das espiras será mais pequeno e o aquecimento mais fraco admitindo que sejam necessários os mesmos Amp.-espiras.

3.º) A nova forma de dentes diminuirá as perdas de fluxo magnético; precisará então menos A. esp. e menos espaço para os enrolamentos.

4.º) A gaiola de amortecimento e os enrolamentos de campo podem ser simplificados pela utilização de contactos elásticos sob fortes pressões.

Electrical Engineering. Agosto, 1950

BIBLIOTECA

REFERÊNCIAS SOBRE LIVROS RECEBIDOS

C. D. 512.831

Matrizes infinitas e espaços de sucessões (Infinite Matrices and sequence spaces) — *Richard G. Cooke, D. Sc.*

Editor Macmillan And Co., Limited (Londres), 1 950, 347 págs., preço 42 sh.

Êste livro, subescrito por um conhecido autor, apresenta um estudo claro e minucioso da teoria das matrizes infinitas, desenvolvido em especial no que respeita a somabilidade de sucessões e séries divergentes (sob diferentes pontos de vista), discussão dos recíprocos e limites das matrizes infinitas, soluções de certas equações matriciais lineares, espaço vectorial de Hilbert, e outras propriedades das matrizes infinitas empregadas na mecânica quântica.

Trata-se do primeiro livro desta natureza que fornece um estudo completo do assunto o que faz dele uma obra de referência, por muitos anos, não só para estudantes dos cursos superiores como também para investigadores. Cobre pràticamente todas as investigações sobre este assunto, de matrizes infinitas, publicadas em 1 946 (e um pouco depois) e é especialmente notável pela habilidade com que este complexo e difícil ramo da análise matemática é apresentado ao estudante. Tem numerosos exercícios no fim de cada capítulo, um índice compreensivo e uma bibliografia.

Dr. Cooke é leitor de Matemáticas Puras na Universidade de Londres.

C. D. 535.42

Teoria Matemática do Princípio de Huygens (The Mathematical Theory of Huygen's Principle) — *B. B. Baker* e *E. T. Copson.*

Editor Oxford at Clarendon Press, 1 950, págs. 192, preço 21 sh.

Êste livro trata da teoria matemática do Princípio de Huygens na proporção das ondas de luz e de som de pequena amplitude. Está relacionado com a teoria geral da solução da equação às derivadas parciais que regula estes fenómenos. Não procura dar um estudo detalhado da aplicação da teoria à solução de problemas especiais de difracção, sendo a difracção por um semi-plano negro ou perfeitamente reflector discutida com um exemplo elucidativo.

O primeiro capítulo trata da expressão analítica do princípio de Huygens para um fenómeno dependendo duma função de onda simples. No segundo capítulo apresenta um estudo da teoria de Kirchhoff à difracção por um ecran negro. O terceiro capítulo contém a formulação analítica do princípio de Huygens para ondas electromagnéticas e a discussão do problema do ecran negro debaixo de tal ponto de vista. A solução de Sommerfeld para o problema da difracção por um ecran perfeitamente reflector é discutida no quarto capítulo.

Esta segunda edição foi aumentada pela adição de um capítulo sobre a aplicação da teoria das equações integrais a problemas de difracção por um ecran plano.

C. D. 621.396

Medidas das Micro-Ondas (Micro-Wae Measurements) — *H. M. Barlow* e *A. L. Cullen.*

Editor Contable and Company Ltd., 1 950, 399 págs. preço 30 sh.

Uma obra de índole técnica sobre um campo da física ainda não há muito do domínio do Laboratório.

Após três capítulos de introdução, onde os autores põem em relevo as diferenças da nova técnica, para a radiotécnica das frequências normais, motivadas pela necessidade duma consideração mais rigorosa da teoria do campo electromagnético, seguem-se nove outros capítulos, versando os métodos de medida, a técnica das medidas e descrição de alguma aparelhagem utilisada correntemente.

Pelo seu interesse especial, citamos os capítulos IX e XII, respectivamente sobre «Electrical Properties of Materials», e «Measurements on aerials».

Além duma bibliografia para cada capítulo, a obra inclui um apêndice sobre alguns aspectos matemáticos da matéria tratada no texto.

REVISTAS

	C. D.
Análise, n.º 26	016:53/54+62
Boletim Mensal de Informação — Laboratório de engenharia civil, n.º 22	025.45:016:62+66/69
Mensário das Casas do Povo, n.º 57	(05) (061)
Arbor, n.º 60	1+2+3+7+8
Estudos (C. A. D. C.), n.ºs 293-294	1/2+8
Brotéria, Março, 1951	1/3+7/8
Vértice, n.º 90	1/3+7/8
Le Courrier, n.º 1-2	3
Revista de Economia, Dez. de 1950	3
Seara Nova, n.ºs 1186-87	3+7/8
Boletim Mensal de Estatística de Angola, n.º 10, 11	31

C. D.

Boletim Oficial do Governo da Colónia de S. Tomé e Príncipe, n.º 52 352
Notícias do Estado da Índia, n.º 11, 12 352
Boletim da Junta de Export. de Angola, n.º 14 . 382(673)
Bull. du Congrés des Chemins de Fer, n.º 2 . . . 385
Gazeta dos Caminhos de Ferro, n.º 1517 385
Gazeta de Normalização, n.ºs 9 e 10, 11 e 12 389.6 (469)
Informaciones Iram, n.º 5-6 (1950) 389.6
Euclides, n.º 119 . . . . . 5+6
Science et Vie, n.º 402 . . . . . 5+6
Rivista del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali, n.º 4 . . . . . 526(45)
Medicina, n.º 67 61
Ciencia y Tecnica, n.º 584 . . . . . 62+66/69
Dyna, n.º 1 . . . . . 62+66/69
Engineering, n.ºs 4437, 4438, 4439, 4440 . . . 62+66/69
Rev. da Faculdade de Engenharia do Porto, Vol. XV (1950) . . . . . 62+66/69
Revista Politécnica, n.º 158 . . . . . 62+66/69
Revista Industrial y Fabril, n.º 52 . . . . 62+66/69
Charmilles, n.º 3 (1949) 621.24
Electricité, n.º 169 . . . . . 621.3
L'Electrotecnica, n.º 12 e 1 (1951) 621.3

C. D.

Revue Brown Boveri, n.º 7 . . . . . 621.3
Revista Electrotécnica, n.º 2 . . . . . 621.39
Rádio Jornal, n.º 8 . . . . . 621.396/7
Compressed Air Magazine, n.º 1 (1951) 621.5
Máquinas e Metais, n.º 62 . . . . . 621.9+546.3
Chronique des Mines Coloniales (La) n.º 176 . . 622
Revista de Artilharia, n.ºs 307 623
Civil Engineering, n.º 536 . . . . . 624/628
Bulletin Technique de la Suisse romande, n.ºs 4, 5, (1951) . . . . . 624/628+72
Informes de la Construccion, n.º 27 . . . . . 624/628
Revista Municipal de Engenharia, n.º 3 . . . 624/628
Revista de Obras Públicas, n.º 2830 . . . . 624/628
Ossature Metalique (L'), n.º 3 . . . . . 624.014
Aeroplane (The), n.ºs 2067 a 2068 . . . . . 629.13
Aircraft Engineering, n.º 265 . . . . . 629.13
Ion, n.º 114 76
Metallurgia, n.º 256 669
Revue du Nickel, n.º 1 (1951) 669.24
Industrie des Plastiques Modernes, n.º 3 . . . . 679.5
Urbanisme, n.º 5-6 711
Arquitecto Constructor (El), n.º 705 72
Building Digest, n.º 3, ... 72

FICHEIRO

LIVROS

C. D. 338.6:621.311.314(493)

Les Groupements de Centrales Électriques en Belgique —*Fernand Courtoy.*
4-950, pág. 74.

C. D. 385.8 (82)

Funcion social y económica de las vias de communicacion — Su importancia en la Argentina — *António C. Lopez Airaghi.*
Universidade Nacional de Tucuman, 1950, págs. 58.

C. D. 532.542.001

New formulae for water flow in pipes — *J. S. Blais.*
The Institution of Mechanical Engineers, 9-2-951, págs. 3-16.

C. D. 532.542.4

Friction losses in turbulent pipe-flow — *E. E. Prosser, R. C. Worster, S. T. Bonnington.*
The Institution of Mechanical Engineers, 9-2-951, págs. 2-8.

C. D. 621.31:338.6

L'Esprit des Groupements de Centrales. Leur organisation; leur Exploitation — *Fernand Courtoy.*
1932, págs. 48.

C. D. 624.136

Notes on The Design of Earth Dams — *Artur Casagrande.*
Harvard University, 1950-10, vol. 37, págs. 405-429.

C. D. 621.43-42

Wear of fuel injection equipment and filtration of fuel for compression-ignition engines — *A. E. W. Austen— B. E. Goodrigd.*
The Institution of Mechanical Engineers, 13-2-951, págs. 2-12.

C. D. 621.438.002

The total-heat, air-ratio diagram: a new method for the calculation of gas-turbine cycles — *Erust Schmidt.*
The Institution of Mechanical Engineers, 1949, págs. 2-10.

C. D. 625.7.03/4

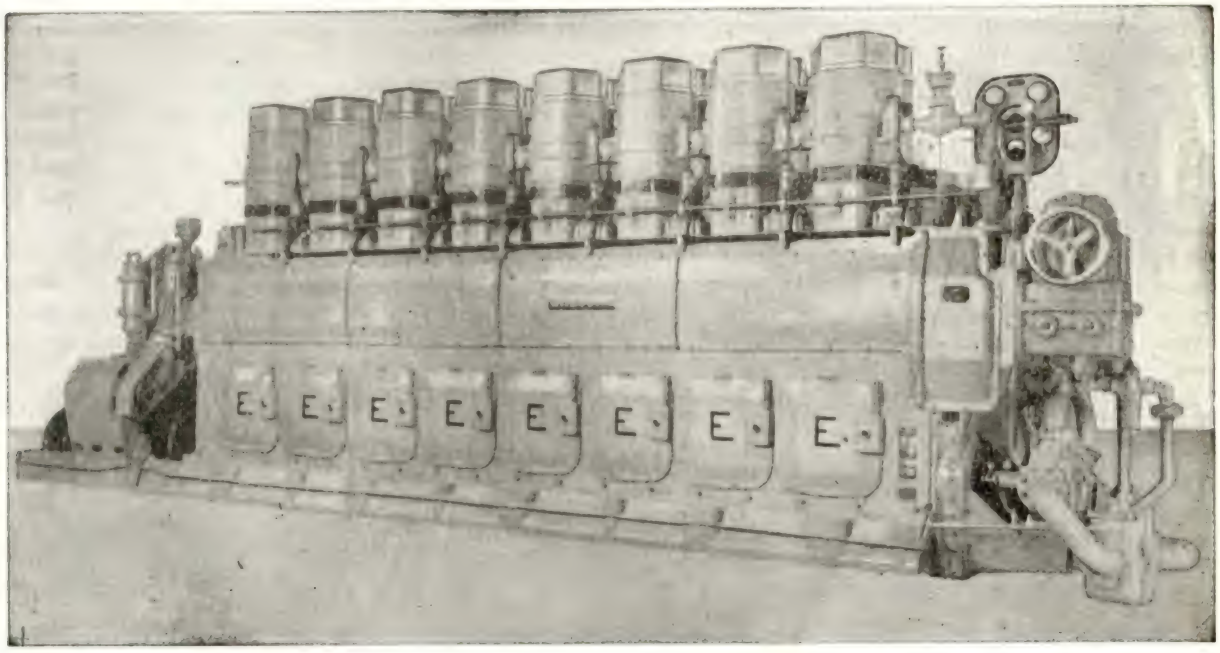
Estudio Sobre Diseños de Pavimentos flexibles. Vida Util de los Superfícies de Calzadas — Sus Caracteristicas. Seleccion de «Pesos especificos tipos» para pavimentos bituminosos — *Bureau of public Roads.*
Universidad Nacional de Tucuman, 1950, págs. 68.

C. D. 741:621-0/9

Industrial design and its relation to machine design — *H. G. Conway.*
The Institution of Mechanical Engineers, 2-2-951, págs. 2-8.

ENTERPRISE

ENGINE & FOUNDRY COMPANY — U. S. A.



MOTORES DIESEL MARÍTIMOS — MOTORES DIESEL ESTACIONÁRIOS

GRUPOS DIESEL-GERADOR

45 a 2100 HP — **200 a 850 RPM** — **3 a 8 cilindros**

- Bloco de cilindros fundido numa só peça.
- Base fundida numa só peça.
- Camisas em contacto directo com a água.
- Cabeças de cilindro individuais.
- Cambota em aço forjado.
- Tirantes em aço forjado, Tipo marítimo.
- Bombas de injecção individuais.
- Válvulas em aço « SILICHROME »
- Lubrificação forçada.
- Balanceiros com sistema hidráulico para eleminação de folga.
- Válvula de arranque em todos os cilindros.
- Com ou sem sobre-alimentação.

CONSTRUÇÃO ROBUSTA — SERVIÇO CONTÍNUO — ECONOMIA

REPRESENTANTES:

• TERMO-MECANICA •

LIMITADA

AVENIDA ALMIRANTE REIS, 247, 1.º — **LISBOA**

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. 621.397.62:537.533.72

Un recepteur de television a image projetée — *J. Haantjes et F. Kerkhof.*

Revue Technique Philips, 3-949, Tomo 10, n.º 10, págs. 307/317.

C. D. 621.438

A turbina a gás na propulsão de automóveis.

Máquinas e Metais, 8-950, n.º 45, págs. 7/8.

Obs.: Traduzido de «Engineering», Março de 1950.

C. D. 621.514

Turbo-compresseur Sulzer.

Révue Technique Sulzer, 1950, n.º 2, págs. 12/23.

C. D. 621.54.004.1

Determining Leakage Losses in Compressed-Air Systems — *Lewis H. Carter.*

Compressed Air Magazine, 1950, vol. 55, n.º 7809, págs. 189/190.

C. D. 621.643.255:628.1

Justificativa complementar das exigências contidas nas especificações para tubos de concreto centrifugado e armado sob tensão prévia — *Marcello Francisco de Lima.*

R. A. E., 1-950, n.º 22, págs. 32/132.

Tem cálculos pormenorizados sobre a matéria exposta.

C. D. 621.785.6.004.9

Têmpera Superficial por meio de Aquecimento por Indução — *Frederico Strasser.*

Máquinas e Metais, 11-950, n.º 59, págs. 3/4.

C. D. 621.791

Solders and Soldering : Some Recent Advances — *H. C. Watkins.*

Metallurgia, 12-950, vol. 42, n.º 254, págs: 372/376.

C. D. 621.791

Progress in Welding 1929-1950 — *A. J. Hipperson and R. G. Burt.*

Metallurgia, 11-950, vol. 42, n.º 253, págs. 347/349.

Progressos na soldadura de metais nos últimos vinte anos.

C. D. 621.791.3

Le brasage électrique — *R. Gautheret.*

Électricité, 11-950, n.º 166, págs. 257/262.

C. D. 621.791.7

Nouvelle technique de sondage en pénétration profonde — *M. Morin.*

Électricité, 12-950, n.º 12, págs. 310/311.

C. D. 621.791.753

Classificação de eléctrodos para soldadura — *Luis de Sousa Coutinho.*

Máquinas e Metais, 8-950, n.º 56, págs. 4/10.

C. D. 621.944.92:669.1

The New 42-in. Slabbing Mill at Shotton «Further Progress at the Hawarden Bridge Steel Works».

Metallurgia, 10-950, vol. 42, n.º 254, pág. 397/399.

C. D. 621.993.1

Un nuevo método de «botones de Matricero» — *Frederico Strasser.*

Máquinas e Metais, 7-950, n.º 55, págs. 24.

Matrizes para furação à broca.

C. D. 621.993.1 : 622.233.3.62

O emprego das brocas equipadas com ponta de metal duro à base de Tungsténio na perfuração de túneis, galerias e exploração de cantarias — *Frascisco Noguer Nadal.*

C. D. 624.012.404

Hormigón precomprimido — *Francisco R. Schmidt.*

Máquinas e Metais, 11-950, n.º 59, págs. 5.

C. D. 624.012.404

Los progresos de la técnica del hormigón en los últimos cincuenta años — *Dr. Eng. Hermann Boer.*

Ciencia y Técnica, 8-950, vol. 115, n.º 578, págs 55 a 73.

C D. 624.012.47

Généralités sur Différents Modes de Précontrainte Du Bêton — *F. Roessinger.*

Bull. Téc. de la Suisse Romande, 8-950, n.º 17, págs 225/238.

Muito documentado.

C. D. 624.014.25 : 72.01

L'esthétique des constructions métalliques — *François Vitale.*

L'Ossature Metallique, 11-950, n.º 11, 15.º ano, págs. 503 a 509.

C. D. 624.042.4

Action du vent sur les pylônes de section triangulaire — *Arthémy S. Jonkoff.*

L'Ossature Metallique, 11-950, n.º 11, 15.º ano, págs. 517 a 523.

C. D. 624.072.2—012.4

Tabelas para cálculo de concreto armado — Flexão simples normal — Secção Rectangular — Armadura simples — Estádio II.

Cimento e Concreto, 1949, n.º 58, págs. 671/674.

Fábrica Nacional de Condutores Eléctricos, L.da

VENDA NOVA — AMADORA

•

CONDUTORES ELÉCTRICOS

CEL

Fabricados pela indústria nacional segundo as Normas de segurança das instalações de Baixa Tensão

•

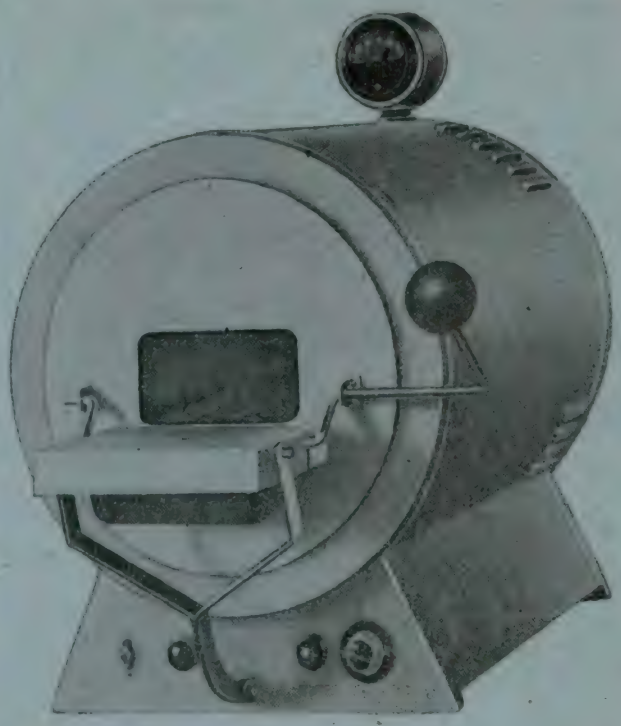
CONCESSIONÁRIOS GERAIS:

SODIL — Sociedade Distribuidora, L.da

R. NOVA DA TRINDADE, 15-C

LISBOA

SMEIA
apresenta um
NOVO EQUIPAMENTO
Caterpillar
estudado para o
TRACTOR
Caterpillar
A BARRA DE
COMANDO
HIDRAÚLICO
ABRE VALAS
ESCARIFICADOR
CHARRUA
DE
DISCOS
SUBSOLADOR
SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA S.A.R.L.
TELEG.- SMEIA - AVENIDA A - Nº 8 (AREEIRO) - LISBOA - TELEF. 70028



Heraeus

Fornos de mufla, estufas de vácuo bacteriológicas e em atmosférico

Material de vidro Schott, Pierex e nacional

Porcelana Staatlich - Berlin e nacional

Aparelhos: Potenciómetros, colorímetros, etc.

Fornecimentos completos para Laboratórios.

AURELIANO J. NEVES, L.DA

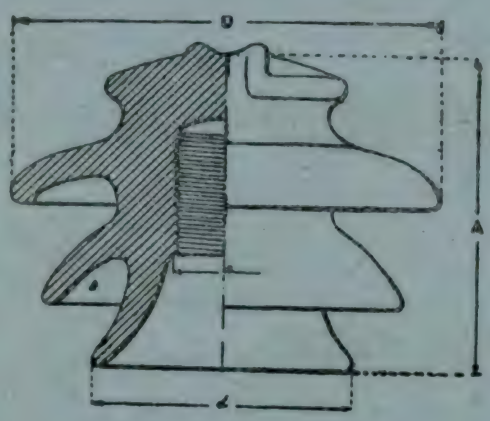
RUA DA PRATA, 234, 2.º

Telef. 2 8323

Fábrica de Porcelana da Vista Alegre, L.da

FUNDADA EM 1824

LISBOA — Sede: Largo da Biblioteca, 17 — Fábrica em Ilhavo — AVEIRO



Além de porcelanas domésticas e artísticas fabrica em larga escala

PORCELANAS PARA USOS INDUSTRIAIS

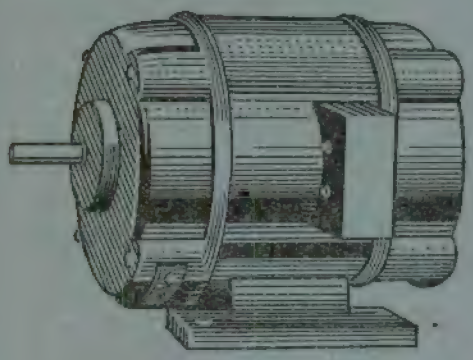
E PORCELANAS ELÉCTRICAS DE BAIXA E ALTA TENSÃO

DEPOSITOS:

LISBOA — Largo do Chiado, 18 — Rua Cândido dos Reis — PORTO

CONZ METZENAUER & JUNG

As grandes marcas alemãs de motores e máquinas eléctricas, material de protecção e termóstatos, transformadores, etc.



SOCIEDADE COMERCIAL
MATTOS TAVARES, L.DA
LISBOA R. dos SAPATEIROS, 39, 2°
TELEFONES 2 5701 - 2 5704

"GREY"
Vigas e Ferros T

Agentes exclusivos para Portugal e Colónias Portuguesas

NOGUEIRA LIMITADA

LISBOA
107 — R. dos Douradores
Tel. 21381 — 21382 — 30655

PORTO
136 — Rua do Almada
Tel. 27167

ASKANIA

ASKANIA — WERKE
BERLIN

Casa especializada em instrumentos científicos para:

Topografia, Geodesia, Geofísica, Astronomia, Astrofísica, Meteorologia, Oceanografia, e Instrumentos de controle para todas as indústrias e laboratórios

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:
J. WIMMER & Co.
AV. 24 DE JULHO, 34 — LISBOA — TEL. 6 0127

AZEVEDO & PESSI, L.DA

RUA NOVA DO ALMADA, 46

LISBOA — PORTUGAL

TELEGRAMAS: PESSIL-LISBOA — TELEFONES: 29879-24495-20354

MÁQUINAS, EQUIPAMENTO, INSTALAÇÕES

Representantes de:

EMILE HAEFELY & C.ie S. A. — Basileia — Suiça
Transformadores de potência e medida, Condensadores estáticos, Rebobinagem de máquinas eléctricas, Material isolante

SPRECHER & SCHUH, S. A. — Aarau — Suiça
Aparelhagem eléctrica, Disjuntores-Ortojectores

MEIDINGER, S. A. — Basileia — Suiça
Motores e ventiladores eléctricos

BAUME & MARPENT, S. A. — Haine St. Pierre — Bélgica
Material de caminhos de ferro, Pontes, Gasómetros

HEINRICH FLOTTMANN G. m. b. H — Herne — Alemanha
Equipamento perfurador, Demolidores, Compressores, Martelos

BERKEFELD FILTER GESELLSCHAFT, m. b. H. — Celle — Alemanha
Filtros para água, vinho, óleos. Instalações de depuração e amaciamento de água, desferrização

ESCH-WERKE K. G. — Duisburgo — Alemanha
Britadoras, trituradoras, instalações de tratar pedras

W. HARTMANN & C° — Hamburg — Alemanha
Escavadoras, transportadores de terra, Scrapers, Vagonetas, Carris, Aços

THEODOR TILEMANN K. G. — Gevelsberg — Alemanha
Cabos de aço, cadeias, correntes

COMPANHIA PORTUGUESA DO COBRE, S. A. R. L. — Contumil — Porto
Cobre, latão, alumínio e respectivas ligas

FUNDIÇÃO E CONSTRUÇÃO MECÂNICAS

S. A. R. L.

OEIRAS

Uma grande organização na «**Indústria Metalúrgica e Metalomecânica nacional**»

Com **Fábrica** onde se produz:

Fundição de ferro, Ferros Ligas e Metais, Esmaltes — Esmaltagem

OFICINAS DE SERRALHARIA E FORJAS

Alguns artigos de série:

Banheiras de ferro fundido esmaltado — Todos os artigos sanitários para casa de banho e cozinha — Caldeiras e radiadores para aquecimento central — Salamandras — Fogões e fogareiros a gás — Fogões a lenha e carvão — Escadas e escadotes — Tábuas de engomar — Material para construção civil (aros para claraboias, sifões de pátio, ventiladores, portinholas, olhos de boi, autoclismos, etc.) — Bancos de jardim — Candeeiros para iluminação pública, etc

PROJECTOS, ORÇAMENTOS E EXECUÇÃO DE INSTALAÇÕES E AQUECIMENTO CENTRAL

Vendas directas ao comércio da especialidade

Telef. Oeiras { Administ. 156 / P. B. X. 126/127

Teleg. Fundição — OEIRAS

Correio: Apartado 711
LISBOA — CENTRAL

SECÇÃO DE AQUECIMENTO

Av. António Augusto de Aguiar, 7-A

Telefone 4 1110

COMPAGNIE POUR LA FABRICATION DES COMPTEURS ET MATERIEL D'USINE A GAZ

MONTROUGE — FRANCE

Aparelhos de Medida para todas as instalações de Gás, Electricidade — Água e Vapor

Contadores para

Água — Gás

Vapor

Electricidade

Amperímetros

Voltímetros

Wattímetros

Ohmímetros

Aparelhagem completa para protecção de Linhas de Transporte de Energia Eléctrica

MATERIAL EM STOCK

REPRESENTANTES GERAIS PARA PORTUGAL E COLÓNIAS:

NOGUEIRA LIMITADA

107, RUA DOS DOURADORES — LISBOA

TEL. 21381 — 21382 — 30655

OFICINAS E LABORATÓRIOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LIMITADA
PRAÇA DO MUNICÍPIO 13, 3.º
TELEF. 22344
LISBOA

Cravação de estacas para fundação de silos da Companhia CIMENTO TEJO

FUNDAÇÕES

MÁRMORES

aos melhores preços

Em todas as aplicações

IIII

A MAIOR PRODUÇÃO DO PAÍS

IIII

Pedidos à

Sociedade dos Mármores de Portugal, L.da

Rua de S. Domingos de Benfica, 63

LISBOA

Standard Electrica

ASSOCIADA

DA

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORP

- EQUIPAMENTOS PARA TODOS OS GÉNEROS DE COMUNICAÇÕES ELÉCTRICAS por rádio e por circuitos metálicos.
- EQUIPAMENTOS DE TODAS AS POTÊNCIAS PARA RADIODIFUSÃO E TELEVISAO.
- GRANDES E PEQUENAS CENTRAIS TELEFONICAS, manuais e automáticas.
- TODO O GÉNERO DE APARELHAGEM MANUAL E AUTOMÁTICA para instalações telefónicas e telegráficas.
- FORNOS ELÉCTRICOS desde pequenas potências, com aquecimento por correntes de radiofreqüência.
- SISTEMAS PATENTEADOS, DE ANTENAS de alta eficiência.
- CABOS DE TODOS OS TIPOS para comunicações em tôdas as freqüências e para transporte de energia.

Telefone 2 3111/2/3 Rua Augusta, 27 LISBOA

Fábrica Portugal

S. A. R. L.

LISBOA

MOBILIÁRIO METÁLICO

EM TODOS OS GÉNEROS

Instalações completas para :

Mobiliário moderno
para

ESCRITÓRIOS
ESCOLAS
BIBLIOTECAS

CLÍNICAS
HOSPITAIS
SANATÓRIOS
CINEMAS
HOTÉIS
ESPLANADAS

SALAS DE EXPOSIÇÕES :

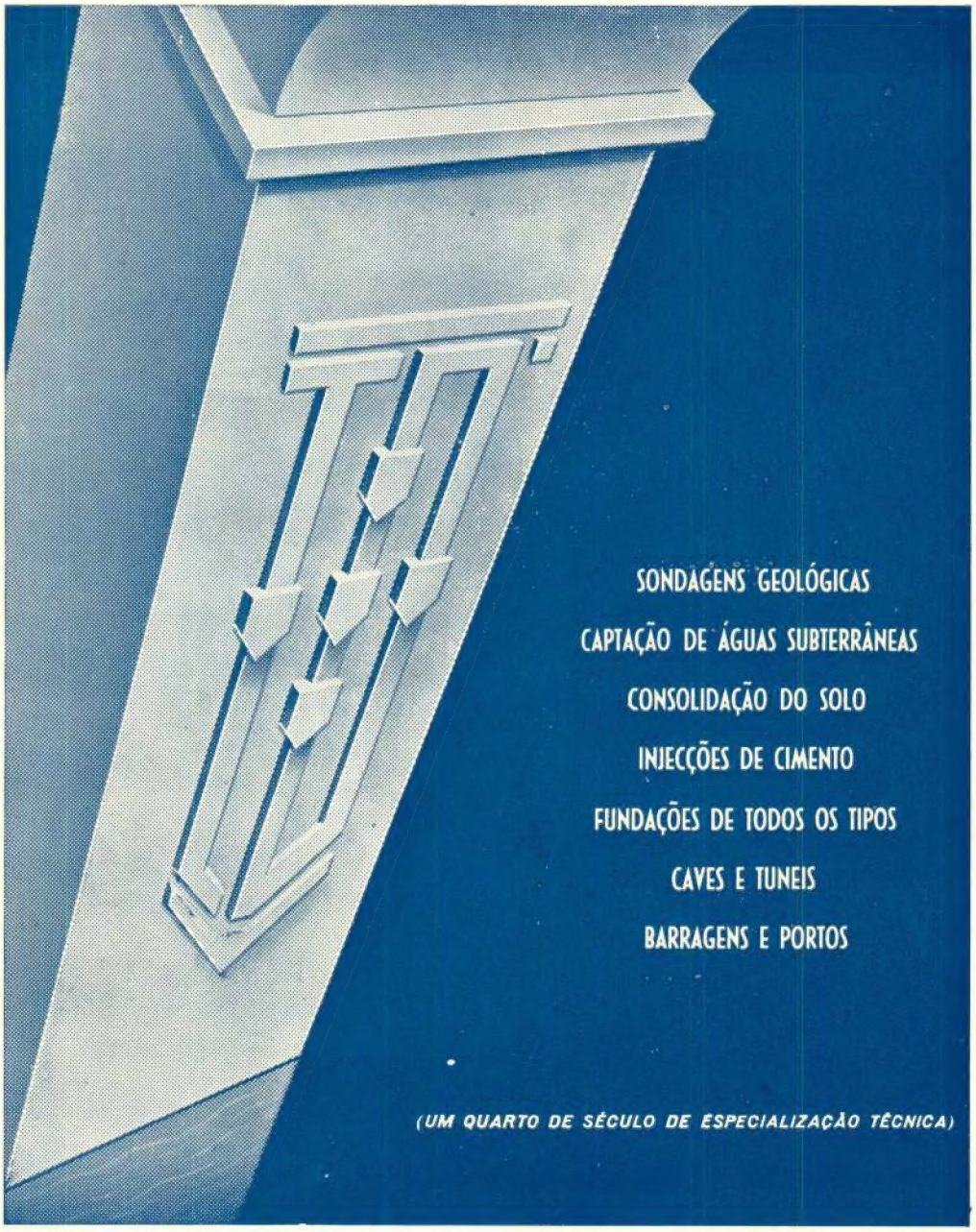
Rua Febo Moniz, 2 a 20 — Praça dos Restauradores, 49 a 57
Avenidas da República e Elias Garcia — Rua da Graça, 82 e 84

Emprêsa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

RUA DA BETESGA, 57. 3.º
TELEF. 3 2774

LISBOA



SOCIEDADE ANÓNIMA

BROWN, BOVERI & CIE.

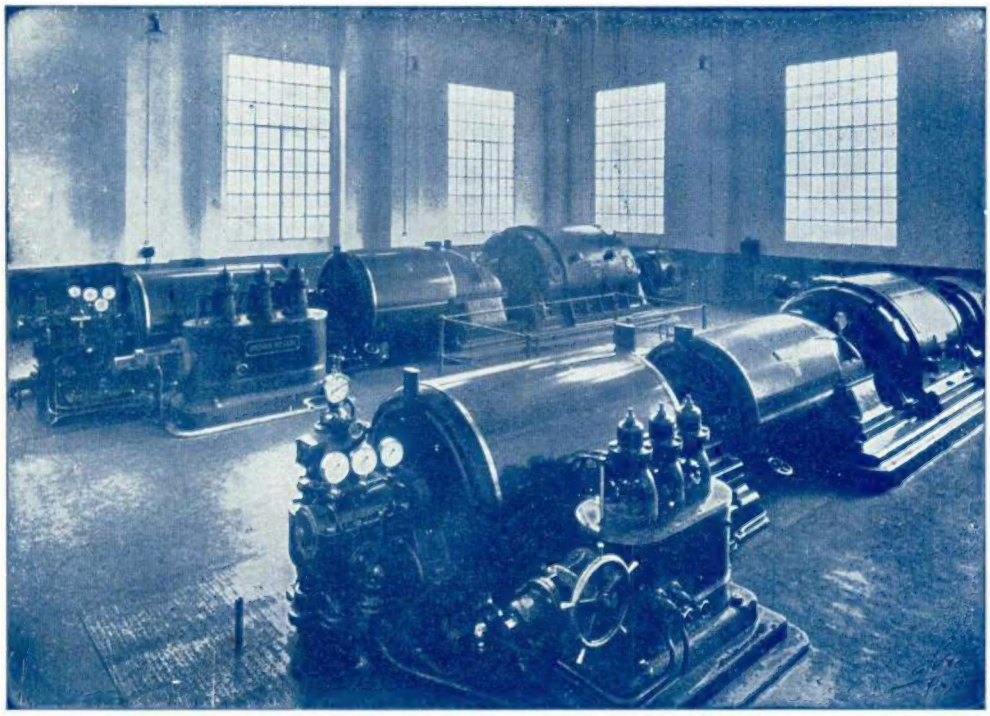
BADEN (SUISSA)

Representante geral para Portugal e Colónias:

EDOUARD DALPHIN

Escritório Técnico: Praça de D. João I, 25, 3.º Dir. // PORTO // Tel. 2411

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminho de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diesel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilizadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem, Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, Material de alta frequência, Telegrafia, Telefonia, Telecomando, etc.



S. A. União Eléctrica Portuguesa — Setúbal
Turbo-grupos de 6.400 kW